



TESIS – TK142541

**EKSTRAKSI ZAT WARNA ALAMI DARI KAYU
MAHONI (*Swietenia mahagoni*) DAN KAYU NANGKA
(*Artocarpus heterophyllus*) MENGGUNAKAN
METODE *ULTRASOUND ASSISTED EXTRACTION*
(UAE) DAN AIR – *ULTRASOUND ASSISTED*
REFLUX EXTRACTION (AURE)**

Oleh:

Ike Dayi Febriana
2314 201 013

Dosen Pembimbing I:

Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

PROGRAM MAGISTER

LABORATORIUM TEKNOLOGI PROSES KIMIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



THESIS – TK142541

**NATURAL DYE EXTRACTION OF *Swietenia mahagoni*
AND *Artocarpus heterophyllus* USING *ULTRASOUND*
ASSISTED EXTRACTION (UAE) AND *AIR –*
ULTRASOUND ASSISTED REFLUX EXTRACTION
(AURE)**

Ike Dayi Febriana
Student Identity Number 2314 201 013

Advisor
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

MASTER PROGRAM
FIELD OF EXPERTISE PROCESS TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN

**EKSTRAKSI ZAT WARNA ALAMI DARI KAYU MAHONI (*Swietenia mahagoni*) DAN KAYU NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*)
MENGUNAKAN METODE *ULTRASOUND ASSISTED EXTRACTION*
(UAE) DAN *AIR – ULTRASOUND ASSISTED REFLUX EXTRACTION*
(AURE)**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister
Teknik (M.T.)
di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Ike Dayi Febriana

NRP. 2314201013

Tanggal Ujian : 14 Juli 2016

Periode Wisuda : September 2016

Disetujui oleh :

1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 1961 08 02 1986 01 1001

(Pembimbing)

2. Prof. Dr. Ir. H. M. Rachimoellah, Dipl. EST
NIP. 1949 11 17 1976 12 1001

(Penguji)

3. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
NIP. 1950 04 28 1979 03 1002

(Penguji)

4. Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti, M. Eng.
NIP. 1959 07 30 1986 03 2001

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.

NIP. 1960 12 02 1987 01 1001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyusun tesis dengan judul:

**EKSTRAKSI ZAT WARNA ALAMI DARI KAYU MAHONI (*Swietenia mahagoni*) DAN KAYU NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*)
MENGUNAKAN METODE ULTRASOUND ASSISTED EXTRACTION
(UAE) DAN AIR – ULTRASOUND ASSISTED REFLUX EXTRACTION
(AURE)**

Penyusunan tesis ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kelulusan bagi mahasiswa pascasarjana Jurusan Teknik Kimia ITS. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA selaku Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia sekaligus Dosen Pembimbing, yang telah banyak memberikan masukan dan motivasi kepada penulis.
2. Bapak Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknologi Proses Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
3. Bapak dan Ibu Dosen Penguji, yang telah memberikan saran, masukan dan motivasi.
4. Orangtua dan keluarga atas segala doa, kasih sayang dan dukungan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan laporan kemajuan tesis ini.
5. Seluruh rekan mahasiswa, dosen, dan laboran laboratorium teknologi proses kimia Jurusan Teknik Kimia ITS atas dukungan, bantuan, dan motivasi kepada penulis.
6. Seluruh rekan program Pascasarjana dan Sarjana Jurusan Teknik Kimia ITS yang telah membantu dan memotivasi penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam naskah tesis ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk dapat memperbaiki tesis ini.

Surabaya, 26 Juli 2016

Penyusun

**EKSTRAKSI ZAT WARNA ALAMI DARI KAYU MAHONI (*Swietenia mahagoni*) DAN KAYU NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*)
MENGUNAKAN METODE *ULTRASOUND ASSISTED EXTRACTION*
(UAE) DAN *AIR – ULTRASOUND ASSISTED REFLUX EXTRACTION*
(AURE)**

Nama Mahasiswa : Ike Dayi Febriana
NRP : 2314201013
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRAK

Limbah zat warna sintetis pada industri tekstil dapat memberikan efek pencemaran lingkungan. Alternatif pengurangan limbah industri tekstil dapat dilakukan dengan cara melakukan substitusi penggunaan zat warna sintetis menjadi zat warna alami. Tanaman yang dapat digunakan sebagai sumber zat warna alami yaitu mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan nangka (*Artocarpus heterophyllus*). Zat warna alami kayu mahoni dan kayu nangka diperoleh dengan cara ekstraksi menggunakan metode UAE. Modifikasi UAE dengan penambahan aliran udara selanjutnya disebut *air – ultrasound assisted reflux extraction* (AURE).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serbuk kayu mahoni dan kayu nangka yang diayak dengan ayakan ukuran 35 mesh. Frekuensi gelombang ultrasonik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 20 KHz dan 40 KHz. Rasio bahan baku yang pada penelitian ini yaitu 0.05 g/mL, 0.10 g/mL, dan 0.15 g/mL. Waktu ekstraksi untuk metode UAE yaitu 20, 30, 40, dan 50 menit. Temperatur ekstraksi yang digunakan yaitu 30, 40, 50, dan 60 °C. Variasi konsentrasi etanol yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Kecepatan aliran udara pada modifikasi metode UAE yaitu 0.1 L/min, 0.3 L/min, 0.6 L/min, 0.9 L/min, dan 1.2 L/min.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio bahan baku optimum untuk ekstraksi zat warna alami kayu mahoni dan kayu nangka dengan metode UAE adalah 0.05g/mL. Kondisi ekstraksi kayu mahoni optimum yaitu temperatur 50 °C dan waktu ekstraksi 50 menit. Kondisi ekstraksi kayu nangka optimum yaitu temperatur 60 °C dan waktu ekstraksi 40 menit. Penggunaan pelarut etanol 60% dapat meningkatkan hasil ekstraksi sebesar 14.7369% pada ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan 10.1069% pada ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka. UAE pada frekuensi 40 kHz memberikan peningkatan hasil ekstraksi kayu mahoni dan nangka berturut – turut sebesar 2.0114% dan 7.4171%. Metode AURE dapat digunakan untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka dengan laju alir 0.6 L/min. Kinetika ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka dengan metode UAE mengikuti model kinetika Peleg.

Kata kunci : *ultrasound assisted extraction*, injeksi aliran udara, kayu mahoni, kayu nangka

NATURAL DYE EXTRACTION OF *Swietenia mahagoni* AND *Artocarpus heterophyllus* USING ULTRASOUND ASSISTED EXTRACTION (UAE) AND AIR – ULTRASOUND ASSISTED REFLUX EXTRACTION (AURE)

Name : Ike Dayi Febriana
NRP : 2314201013
Advisor : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRACT

Waste of synthetic dye in the textile industry can induced environmental pollution. Natural dye can be used for substituting synthetic dye in textile industry. Mahogany (*Swietenia mahagoni*) and jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) can be used as natural source for natural dye. Natural dyes of mahogany and jackfruit wood obtained by UAE method. Modification of the UAE with the addition of airflow hereinafter called air - ultrasound assisted reflux extraction (AURE).

Materials used in this research are mahogany and jackfruit powder were sieved with a sieve size of 35 mesh. The frequency of the ultrasonic waves used in this study is 20 KHz and 40 KHz. The ratio of the raw material in this study are 0.05 g / mL, 0.10 g / mL, and 0.15 g / mL. Extraction time of UAE are 20, 30, 40 and 50 minutes. Extraction temperature used are 30, 40, 50, and 60 ° C. Variations in the concentration of ethanol is 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. Air flow rate for modification of UAE are 0.1 L/min, 0.3 L/min, 0.6 L/min, 0.9 L/min and 1.2/min.

The results showed that the optimum ratio of raw material for the extraction of natural dyes mahogany and jackfruit wood using UAE is 0.05 g/mL. The optimum condition for mahogany extraction are temperature at 50 °C and extraction time 50 minute. The optimum condition for jackfruit's wood extraction are temperature at 60 °C and extraction time 40 minute. Ethanol 60% as solvent give yield improvement for mahogany and jackfruit's wood extraction is 14.7369% and 10.1069% respectively. UAE at frequency of 40 kHz provides yield improvement for mahogany and jackfruit's wood extraction is 2.0114% nd 7.4171% respectively. AURE method can be used for the extraction of natural dyes from mahogany and jackfruit wood with a flow rate of 0.6 L / min. Kinetics of natural dyes extraction by using UAE is following the kinetics Peleg's model.

Keywords : *ultrasound assisted extraction, air injection, Swietenia mahagoni, Artocarpus heterophyllus*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1 Zat Warna.....	7
2.1.1 Zat Warna Sintesis.....	9
2.1.2 Zat Warna Alami.....	10
2.1.3 Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>)	11
2.1.3.1 Klasifikasi Mahoni	11
2.1.3.2 Diskripsi Umum Mahoni	12
2.1.4 Pohon Nangka (<i>Artocarpus heterophyllus</i>).....	13
2.1.4.1 Klasifikasi Pohon Nangka.....	13
2.1.4.2 Diskripsi Umum Tanaman Nangka.....	14
2.2 Senyawaan Zat Warna Alami.....	15
2.2.1 Tanin	15
2.2.2 Flavonoid	16
2.2.3 Kuinon.....	18
2.3 Ekstraksi	19

2.3.1 Metode Refluks	19
2.4 Gelombang Ultrasonik	20
2.5 Sistem Ultrasonik <i>Bath</i>	25
2.6 Pelarut Aquades - Etanol.....	27
2.7 Analisa Menggunakan Spektrofotometer UV - Visible	28
2.8 Pemodelan Ekstraksi Metode UAE.....	30
2.8.1 Model Kinetika Ekstraksi Orde Satu	30
2.8.2 Model Kinetika Peleg.....	31
2.8.3 <i>Response Surface Methodology</i>	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian.....	35
3.2 Bahan dan Alat	36
3.2.1 Bahan	36
3.2.2 Alat	36
3.2.2.1 Alat untuk Metode <i>Ultrasound Assisted</i> <i>Extraction (UAE)</i>	36
3.2.2.2 Alat untuk Metode <i>Air-Ultrasound assisted</i> <i>Reflux Extraction (AURE)</i>	37
3.3 Prosedur Penelitian	39
3.3.1 Prosedur Penelitian Metode <i>Ultrasound Assisted</i> <i>Extraction (UAE)</i>	39
3.3.2 Prosedur Penelitian Metode Air –Ultrasound assisted Reflux Extraction (AURE).....	39
3.4 Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	40
3.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian.....	41
3.5.1 Kondisi Operasi	41
3.5.2 Variabel Penelitian.....	42
3.6 Besaran yang diukur dan Analisa terhadap Ekstrak Zat Warna	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kondisi Operasi Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni Menggunakan metode <i>Ultrasound Assisted Extraction (UAE)</i>	43

4.2	Pengaruh Rasio Bahan Baku terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE	44
4.3	Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE	46
4.4	Pengaruh Temperatur terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE.....	48
4.5	Pengaruh Variasi Konsentrasi Pelarut Etanol terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE	49
4.6	Pengaruh Frekuensi Gelombang Ultrasonik terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka.....	51
4.7	Pengaruh Aliran Udara terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE.....	52
4.8	Kinetika ekstraksi	54
	4.8.1 Kinetika Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dengan Metode UAE	54
	4.8.2 Kinetika Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Nangka dengan Metode UAE	56
4.9	Pemodelan Statistika <i>Response Surface Methodology</i> (RSM) .	59
	4.9.1 Pemodelan Statistika RSM Pada Ekstraksi Zat Warna Alami Kayu Mahoni dengan Metode UAE.....	59
	4.9.2 Pemodelan Statistika RSM Pada Ekstraksi Zat Warna Alami Kayu Nangka dengan Metode UAE.....	61
4.10	Uji Kualitatif Ekstrak Zat Warna Alami Mahoni dan Nangka .	62
4.11	Uji Kualitatif Spektrofotometer <i>Ultraviolet – Visible</i>	65
4.12	Uji Kualitatif Gas Liquid Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS)	66

4.13	Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) terhadap Serbuk Mahoni dan Serbuk Nangka	68
BAB V	PENUTUP	69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran Penelitian	70
DAFTAR PUSTAKA		xiii
LAMPIRAN A		xix
LAMPIRAN B		xxv
LAMPIRAN C		xxxv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Gugus kromofor dan struktur kimia	7
Tabel 2.2	Klasifikasi gugus auksokrom	8
Tabel 2.3	Zat warna sintesis	9
Tabel 2.4	<i>Vegetable origin</i>	11
Tabel 2.5	Klasifikasi dan struktur kimia tanin	15
Tabel 2.6	Klasifikasi dan struktur kimia flvonoid.....	17
Tabel 2.7	Panjang gelombang kromofor	28
Tabel 2.8	Efek pelarut terhadap pergeseran panjang gelombang.....	29
Tabel 2.9	Warna terserap dan warna komplementer	29
Tabel 4.1	Perbandingan hasil ekstraksi zat warna dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan pelarut aquades dan pelarut etanol 60 %.....	51
Tabel 4.2	Perbandingan hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka pada variasi frekuensi 20 kHz dan 40 kHz	52
Tabel 4.3	Kinetika orde satu dan model Peleg ekstraksi mahoni.....	55
Tabel 4.4	Kinetika orde satu dan model Peleg ekstraksi nangka	57
Tabel 4.5	ANOVA ekstraksi kayu mahoni model RSM dengan metode CCD ..	59
Tabel 4.6	ANOVA ekstraksi kayu nangka model RSM dengan metode CCD...	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pohon Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>)	12
Gambar 2.2	Pohon Nangka (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	13
Gambar 2.3	Struktur flavonoid.....	18
Gambar 2.4	Struktur kimia kuinon: (A) benzokuinon, (B) naftakuinon, (C) antrakuinon.....	18
Gambar 2.5	Metode refluks.....	20
Gambar 2.6	Bagan proses kimia yang memanfaatkan gelombang ultrasonik ..	21
Gambar 2.7	Pergerakan bunyi ketika melewati suatu medium cair	22
Gambar 2.8	Bagan fenomena kavitasi.....	22
Gambar 2.9	Tipe pemecahan gelembung kavitasi pada media heterogen	24
Gambar 2.10	Mekanisme pemecahan dinding sel.....	25
Gambar 2.11	<i>Ultrasonic cleaning bath</i>	26
Gambar 2.12	Desain ultrasonik <i>bath – high frequency</i>	26
Gambar 2.13	Asumsi kinetika ekstraksi orde satu	31
Gambar 3.1	Skema rangkaian alat untuk metode <i>Ultrasound Assisted Extraction</i> (UAE)	37
Gambar 3.2	Skema alat untuk metode <i>Air – Ultrasound assisted Reflux Extraction</i> (AURE)	38
Gambar 3.3	Diagram alir prosedur penelitian metode <i>Ultrasound Assisted Extraction</i> (UAE)	40
Gambar 3.4	Diagram alir prosedur penelitian metode <i>Air – Ultrasound assisted Reflux Extraction</i> (AURE).....	41
Gambar 4.1.	Pengaruh rasio bahan baku terhadap hasil ekstraksi zat warna alami dengan metode UAE (a) kayu mahoni (b) kayu nangka	45
Gambar 4.2	Pengaruh waktu ekstraksi terhadap hasil ekstraksi zat warna alami dengan metode UAE (a) kayu mahoni (b) kayu nangka	47
Gambar 4.3	Pengaruh temperature ekstraksi terhadap hasil ekstraksi zat warna alami dengan menggunakan metode UAE (a) kayu mahoni (b) kayu nangka	49

Gambar 4.4	Pengaruh konsentrasi etanol terhadap hasil ekstraksi zat warna alami menggunakan metode UAE.....	51
Gambar 4.5	Pengaruh aliran udara terhadap hasil ekstraksi zat warna alami dengan metode UAE	54
Gambar 4.6	Perbandingan kadar hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni (a) Metode UAE dengan pelarut aquades, (b) Metode UAE dengan pelarut etanol 60%, (c) Metode UAE dengan pelarut etanol 60% dan aliran udara	56
Gambar 4.7	Perbandingan kadar hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka (a) Metode UAE dengan pelarut aquades, (b) Metode UAE dengan pelarut etanol 60%, (c) Metode UAE dengan pelarut etanol 60% dan aliran udara	58
Gambar 4.8	Response surface plot ekstraksi zat warna alami kayu mahoni dengan metode UAE (a) rasio bahan baku terhadap temperatur, (b) rasio bahan baku terhadap waktu ekstraksi, (c) waktu ekstraksi terhadap temperature	60
Gambar 4.9.	Response surface plot ekstraksi zat warna alami kayu nangka dengan metode UAE (a) rasio bahan baku terhadap temperatur, (b) rasio bahan baku terhadap waktu ekstraksi, (c) waktu ekstraksi terhadap temperature	62
Gambar 4.10	Uji kualitatif ekstrak zat warna alami kayu mahoni	64
Gambar 4.11	Uji kualitatif ekstrak zat warna alami kayu nangka	64
Gambar 4.12	Kurva serapan spektrofotometer UV-visible (a) Ekstrak mahoni, (b) Pewarna tekstil sintetis coklat drill, (c) Ekstrak nangka, dan (d) Pewarna tekstil sintetis kuning podang.....	65
Gambar 4.13	Struktur kimia komponen terindikasi dalam ekstrak mahoni.....	67
Gambar 4.14	Struktur kimia komponen terindikasi dalam ekstrak nangka	67
Gambar 4.15	Penampang mahoni (a) sebelum UAE (b) setelah UAE	68
Gambar 4.16.	Penampang nangka (a) sebelum UAE (b) setelah UAE.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna azo (Azo dyes) adalah pewarna organik sintetik yang memiliki gugus kromofor azo ($-N=N-$). Zat warna azo diperoleh dari reaksi *diazotization* atau reaksi *coupling*. Pewarna azo banyak digunakan dalam proses pewarnaan material tekstil, pewarnaan kulit, maupun pewarnaan produk makanan. Pewarna azo tidak dapat diurai secara aerobik dan akan terurai menjadi senyawa aromatik dengan gugus amin yang bersifat karsinogen apabila diurai pada kondisi anaerobik. Ketahanan pewarna azo terhadap proses degradasi tersebut mengakibatkan zat warna ini berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup (Sivakumar, 2011).

Beberapa metode pengolahan limbah pewarna azo telah dilaporkan antara lain proses bioremediasi oleh Fu dan Viraghavan pada tahun 2001 dan proses adsorpsi menggunakan adsorben oleh Crini pada tahun 2006. Namun, proses pengolahan limbah tersebut belum mampu mengatasi limbah pewarna azo secara tuntas. Faktor tersebut mengakibatkan perlu adanya peninjauan ulang penggunaan pewarna azo dalam industri pewarnaan.

Penggunaan zat warna alami (*natural dye*) dapat dijadikan salah satu solusi substitusi pewarna azo. Zat warna alami (*natural dye*) bersifat ramah lingkungan dan dapat digunakan pada pewarnaan makanan maupun material tekstil ataupun penyamakan kulit. Zat warna alami diperoleh dari berbagai macam bagian tanaman seperti bunga, biji, daun, batang, atau akar. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian terhadap berbagai macam sumber zat warna alami. M. Ahsanul Haque pada tahun 2013 melakukan penelitian ekstraksi zat warna *rubriadin* dari *Swietenia mahagoni*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ekstrak zat warna dari kulit kayu *Swietenia mahagoni* dapat digunakan untuk mewarnai produk tekstil tanpa menggunakan mordant. Selain itu, Endro Kismolo Prayitno juga melakukan ekstraksi zat warna alami dari limbah kayu mahoni menggunakan pelarut aquades pada tahun 2003. Dany Eka Parasetia melakukan

ekstraksi zat warna dari kayu nangka (*Artocarpus heterophylla lamk*) dengan metode soxhlet menggunakan pelarut aquades dan etanol pada tahun 2012.

Zat warna alami memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan dalam skala industri. Saat ini masyarakat di negara maju mulai sadar dengan teknologi yang ramah lingkungan sehingga permintaan terhadap zat warna alami semakin meningkat. Penggunaan zat warna alami semakin meluas di semua bidang mulai industri kerajinan kulit, kerajinan tangan, mainan anak, makanan, tekstil bahkan di bidang konstruksi. Indonesia sebagai negara berkembang dan merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam dapat memanfaatkan peluang ini untuk menjadi produsen zat warna alami.

Melalui Kementrian Perindustrian Republik Indonesia pada tahun 2013 telah dilakukan pengembangan pemanfaatan serat dan pewarna alami sebagai salah satu komoditas bernilai ekonomi tinggi. Pengembangan pemanfaatan serat dan pewarna alami juga merupakan sebagian upaya dan dukungan pemerintah terhadap kemajuan industri tekstil dalam negeri. Selain itu, program ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam Indonesia.

Berdasarkan berita pada media Republika Online 15 Mei 2015, saat ini Pemerintah D.I. Yogyakarta melalui Balai Besar Kerajinan dan Batik melakukan langkah – langkah persuasif kepada para pengrajin batik untuk menggunakan zat warna alami untuk pewarnaan kain batik. Penggunaan pewarna alami untuk produk tekstil contohnya batik dapat meningkatkan nilai ekonomi produk. Wisatawan mancanegara lebih menyukai produk batik yang dibuat dengan pewarna alami. Harga yang ditawarkan jauh lebih mahal dibandingkan dengan produk batik yang dibuat dengan pewarna sintetis. Selain motif, pembeli dari mancanegara juga memperhatikan aspek ramah lingkungan dari produk yang akan dibeli. Oleh karena itu, zat warna alami memiliki prospek untuk terus dikembangkan dan diproduksi.

Sumber daya alam Indonesia berupa tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber zat warna alami sangat melimpah antara lain pohon mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan pohon nangka (*Artocarpus heterophylla*). Pada batang pohon mahoni dan pohon nangka banyak mengandung senyawaan flavonoid, tanin dan kuinon yang merupakan senyawa zat warna. Berdasarkan Sensus

Pertanian tahun 2013 yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah pertanian kayu mahoni di pulau Jawa mencapai 51,71 juta pohon, sisanya sekitar 19,79 juta pohon berada di luar pulau Jawa. Total populasi kayu mahoni di Indonesia yaitu sebanyak 71,50 juta pohon yang sebagian besar terkonsentrasi di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Nusa Tenggara Timur. Dibandingkan data Sensus Pertanian tahun 2003, terjadi peningkatan populasi kayu mahoni yang sangat signifikan yaitu sekitar 58%.

Berdasarkan Sensus Pertanian tahun 2013, terdapat 699.305 rumah tangga yang membudidayakan pohon nangka sebagai tanaman hortikultura yang dapat dimanfaatkan kayu dan buahnya. Pemanfaatan kayu mahoni dan kayu nangka saat ini lebih banyak digunakan untuk industri mebel, material konstruksi bangunan, atau alat musik. Namun, limbah dari proses penggergajian kayu konvensional belum dimanfaatkan secara optimal. Di desa Gunung Sari, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang, limbah penggergajian kayu nangka dimanfaatkan sebagai bahan bakar tungku untuk memasak atau dibakar sebagai sampah.

Limbah penggergajian kayu mahoni dan kayu nangka merupakan bahan baku potensial untuk zat warna alami yang dapat diaplikasikan untuk industri tekstil. Zat warna alami dari limbah penggergajian kayu mahoni dan kayu nangka diperoleh melalui metode ekstraksi. Ekstraksi zat warna dari limbah penggergajian kayu mahoni dan kayu nangka dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode konvensional yang biasa dilakukan untuk ekstraksi antara lain metode maserasi, soxhletasi, dan metode refluks. Metode konvensional ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan pelarut dalam jumlah besar, waktu ekstraksi lama, dan hasil ekstrak yang kurang optimal.

Selain metode konvensional saat ini dikembangkan metode ekstraksi dengan gelombang ultrasonik atau *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi diantara 18kHz – 100 MHz. Gelombang ultrasonik mampu menimbulkan efek kavitasi yang dapat merusak dinding sel tanaman sehingga memudahkan senyawa kimia terekstrak ke dalam pelarut. Penelitian yang dilakukan oleh S. Rouhani pada tahun 2009, ekstraksi *curcuminoid* menggunakan metode UAE memberikan hasil ekstraksi tiga kali lebih banyak daripada metode ekstraksi konvensional. Waktu ekstraksi

menggunakan UAE lebih cepat daripada waktu ekstraksi yang dibutuhkan pada metode konvensional.

Penelitian lain yang menggunakan metode UAE dilakukan oleh Roldan – Gutierrez pada tahun 2008. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa metode UAE mampu melakukan ekstraksi 18 kali lebih cepat dibandingkan dengan metode *steam distillation* dan 2,5 kali lebih cepat dibandingkan dengan metode *superheated water extraction* (SWE). Hal ini menunjukkan bahwa ekstraksi menggunakan metode UAE dapat menghemat energi dan biaya.

Metode UAE dapat dikombinasikan dengan teknik ekstraksi yang lain misalnya maserasi. Penelitian yang dilakukan oleh Sivakumar pada tahun 2010 menggunakan metode UAE dikombinasikan dengan teknik maserasi. Pada penelitian tersebut, ekstraksi dilakukan menggunakan *ultrasound probe* yang dicelupkan ke dalam *extraction vessel*. Selain itu, metode UAE juga dapat dikombinasikan dengan metode *supercritical fluid extraction* (SFE) seperti yang dilakukan oleh Hu pada tahun 2007 yaitu mengkombinasikan metode UAE dengan ekstraksi *supercritical fluid*. Metode tersebut selanjutnya dikenal dengan *ultrasound assisted supercritical fluid extraction* (USFE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan *oil* dan *coixenolide yield* sebesar 14% dibandingkan *oil* dan *coixenolide yield* hasil ekstraksi menggunakan metode *supercritical fluid extraction* (SFE). Lama waktu ekstraksi yang dibutuhkan untuk mendapatkan *oil* dan *coixenolide yield* maksimum menggunakan metode USFE yaitu 3.5 jam, sedangkan apabila menggunakan metode SFE membutuhkan waktu ekstraksi selama 4 jam.

Pada penelitian ini akan dilakukan kombinasi metode UAE dengan menggunakan refluks. Pada metode kombinasi ini juga akan ditambahkan injeksi udara yang berfungsi untuk mengoptimalkan proses kavitasi sehingga pada proses ekstraksi zat warna dari limbah penggergajian kayu mahoni dan kayu nangka dapat diperoleh *yield* yang lebih tinggi. Adanya injeksi udara dapat berperan sebagai *nucleus* atau inti gelembung yang memicu munculnya gelembung kavitasi. Jumlah gelembung kavitasi akan meningkat dan nilai ambang kavitasi akan menurun, sehingga *yield* akan meningkat dan waktu ekstraksi lebih cepat.

Metode kombinasi ini disebut dengan *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE).

Berdasarkan informasi yang telah diperoleh menunjukkan bahwa pengembangan zat warna alami memiliki potensi ekonomi yang besar. Pemilihan bahan baku kayu mahoni dan nangka didasarkan kelimpahan bahan baku yang besar. Metode UAE merupakan suatu metode alternatif yang dikembangkan untuk mengoptimalkan proses ekstraksi. Oleh karena itu, penelitian ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan.

1.2 Rumusan Masalah

Limbah zat warna sintetis pada industri tekstil dapat memberikan efek pencemaran lingkungan. Alternatif pengurangan limbah industri tekstil dapat dilakukan dengan cara melakukan substitusi penggunaan zat warna sintetis menjadi zat warna alami. Zat warna alami dapat diperoleh melalui ekstraksi bahan alam misalnya tanaman. Tanaman yang dapat digunakan sebagai sumber zat warna alami yaitu mahoni dan nangka.

Zat warna alami kayu mahoni dan kayu nangka diperoleh dengan cara ekstraksi menggunakan metode UAE. Metode UAE merupakan metode ekstraksi alternatif yang diprediksi dapat memberikan peningkatan hasil ekstraksi zat warna. Optimasi metode UAE untuk ekstraksi zat warna alami kayu nangka dan kayu mahoni dilakukan dengan cara melakukan penelitian terhadap variabel rasio bahan baku terhadap pelarut, waktu ekstraksi, temperatur ekstraksi, konsentrasi pelarut etanol, frekuensi gelombang ultrasonik, dan modifikasi penambahan aliran udara. Pemodelan ekstraksi dilakukan terhadap data – data penelitian untuk mengetahui kinetika ekstraksi dan mengetahui variabel optimasi yang berpengaruh terhadap proses UAE.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup yang membatasi penelitian ini yaitu :

1. Limbah penggergajian kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) diperoleh dari Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang. Limbah penggergajian kayu

angka (*Artocarpus heterophylla*) diperoleh dari desa Gunung Sari, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Bahan dihaluskan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam.

2. Metode yang digunakan adalah *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE).
3. Faktor – faktor yang diamati dan berpengaruh pada proses ekstraksi yaitu rasio bahan baku, waktu ekstraksi, temperatur ekstraksi, konsentrasi pelarut, frekuensi gelombang ultrasonik, dan laju alir udara.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mempelajari proses ekstraksi zat warna alami dari bahan baku limbah penggergajian kayu mahoni dan kayu angka menggunakan metode UAE dan AURE.
2. Mempelajari faktor – faktor yang mempengaruhi metode UAE yaitu rasio bahan baku, waktu ekstraksi, temperatur ekstraksi, konsentrasi pelarut etanol, dan frekuensi gelombang ultrasonik.
3. Mempelajari pengaruh penambahan injeksi udara pada proses AURE dibandingkan dengan metode UAE.
4. Mempelajari kinetika ekstraksi menggunakan metode UAE dan AURE.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain :

1. Memberikan informasi tentang metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE) yang dapat digunakan untuk mengekstraksi zat warna alami dari bahan baku limbah penggergajian kayu mahoni dan kayu angka secara efektif serta efisien.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk peneliti lain yang tertarik dengan pengembangan metode ekstraksi zat warna alami dari limbah penggergajian kayu mahoni dan kayu angka.
3. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi untuk pengembangan industri ekstraksi zat warna di Indonesia.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Zat Warna

Zat warna merupakan suatu senyawa organik tidak jenuh yang mengandung gugus kromofor dan gugus auksokrom. Gugus kromofor merupakan suatu bagian dari molekul yang dapat menyerap panjang gelombang tertentu dari cahaya tampak dan merefleksikan warna tertentu. Umumnya, gugus kromofor mengandung atom nitrogen, oksigen, atau sulfur. Ketiga atom tersebut dapat membentuk *single bond* atau *double bond*. Pada Tabel 2.1 berikut ini dapat diketahui beberapa nama gugus kromofor dan struktur kimia yang berperan dalam penyerapan cahaya tampak (Taqim, 2010).

Tabel 2.1. Gugus kromofor dan struktur kimia

No.	Nama Gugus	Struktur Kimia
1.	Azo	
2.	Nitroso	
3.	Nitro	
4.	Karbonil	
5.	<i>Azomethine</i>	
6.	<i>Thio-karbonil</i>	

Gugus aoksokrom merupakan suatu gugus yang dapat menyokong kromofor untuk memberikan warna tertentu. Gugus aoksokrom yang tidak terikat dengan kromofor tidak dapat memberikan warna. Gugus aoksokrom umumnya merupakan senyawa aromatik dan mengandung cincin aril yang mengalami delokalisasi elektron. Gugus aoksokrom dapat diklasifikasikan berdasarkan kemampuan senyawa untuk membentuk ion positif (kation) atau ion negatif (anion). Klasifikasi gugus aoksokrom dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini (Taqim, 2010):

Tabel 2.2. Klasifikasi gugus aoksokrom

No.	Golongan Kation	Golongan Anion
1.	$\mathbf{R}-\text{NH}_2$	$\mathbf{R}-\text{OH}$
2.	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \mathbf{R}'-\text{N}-\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \mathbf{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$
3.	$\begin{array}{c} \text{R}' \\ \\ \mathbf{R}''-\text{N}-\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \mathbf{R}-\text{S}-\text{OH} \\ \\ \text{O} \end{array}$

Suatu senyawa berwarna dapat digunakan sebagai zat warna tekstil apabila memenuhi syarat – syarat berikut ini (Taqim, 2010):

1. Mudah larut dalam zat pelarutnya.
2. Mudah terserap ke dalam material tekstil.
3. Stabil, tahan lama, dan tidak mudah luntur.

Zat warna dapat diklasifikasikan menjadi beberapa golongan. Klasifikasi zat warna berdasarkan sifat pencelupan dibagi menjadi dua tipe, yaitu (Rahmawati, 2011):

1. Zat warna langsung (substantif) yaitu zat warna yang mudah larut dalam air dan mudah mewarnai serat kain.
2. Zat warna tidak langsung (ajektif) yaitu zat warna yang sukar larut dalam air dan memerlukan zat pembantu untuk dapat mewarnai serat kain.

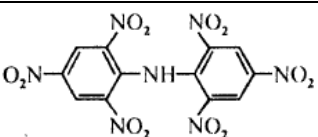
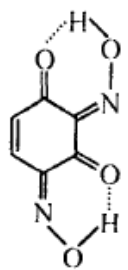
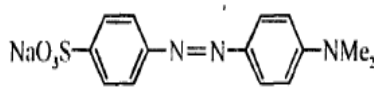
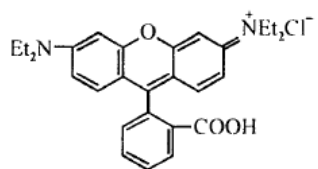
Klasifikasi zat warna berdasarkan sumber diperolehnya dibagi menjadi dua, yaitu zat warna sintetis (ZPS) dan zat warna alami (ZPA). Zat warna sintetis merupakan suatu senyawa turunan dari hidrokarbon aromatik seperti benzena,

toluena, atau naftalena yang diperoleh dari proses sintesis kimia. Zat warna alami adalah zat warna yang diperoleh secara alami dari bagian – bagian tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung. Bagian tanaman yang digunakan sebagai sumber zat warna alami dapat berasal dari daun, batang, akar, bunga, atau biji (Rahmawati, 2011).

2.1.1 Zat Warna Sintetis

Zat warna sintetis mulai berkembang ketika mulai ditemukan sintesis senyawa organik. Zat warna sintetis yang pertama kali disintesis yaitu *picric acid* oleh Woulfe dan *aurine* oleh Runge. Namun, kedua zat warna tersebut tidak diproduksi secara komersial karena harga *raw material* yang mahal. Zat warna sintetis diproduksi pertama kali oleh William H. Perkin. Zat warna yang berhasil disintesis yaitu *mauveine*. Hingga saat ini telah banyak zat warna sintetis yang diproduksi. Pada Tabel 2.3 disajikan zat warna sintetis yang telah berhasil dibuat (Chatwal, 2009).

Tabel 2.3. Zat warna sintesis

No.	Klasifikasi Zat Warna Sintetis	Nama Senyawa	Warna	Struktur Kimia
1.	<i>Nitro dyes</i>	<i>Aurantia</i>	Kuning – orange terang	
2.	<i>Nitroso dyes</i>	<i>Fast Green O</i>	Hijau	
3.	<i>Azo dyes</i>	<i>Methyl Orange</i>	Kuning	
4.	<i>Xanthene dyes</i>	<i>Rhodamine B</i>	Merah	

2.1.2 Zat Warna Alami

Zat warna alami dapat diklasifikasikan berdasarkan warna dasar yang dapat ditimbulkan, yaitu (Kumbasar, 2011):

1. Warna dasar merah

Kebanyakan warna merah tersimpan pada bagian akar atau kulit kayu dari suatu tanaman. Warna merah ini umumnya muncul karena adanya senyawa antrakuinon dan turunannya. Warna ini stabil pada pencucian dan uji cahaya. Contoh tanaman yang memberikan warna dasar merah yaitu secang (*Caesalpinia sappan*), madder (*Rubia tinctoria*), mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan teh (*Camellia sinensis*).

2. Warna dasar kuning

Warna kuning merupakan warna yang paling sering muncul dan keberadaannya melimpah di alam. Sekitar 90% warna kuning di alam disebabkan karena adanya senyawa flavonoid. Pada umumnya warna yang dihasilkan adalah warna kuning pucat dan mudah kusam kecuali warna kuning dari *turmeric*. Contoh tanaman yang memberikan warna dasar kuning yaitu kunyit (*Curcuma longa*) dan pohon nangka (*Artocarpus heterophylla*).

3. Warna dasar biru

Warna dasar biru biasa terdapat pada tanaman *indigo* dan tanaman *woad*. Warna dasar biru tahan terhadap cahaya dan pencucian. Contoh tanaman yang memberikan warna dasar biru yaitu tarum (*Indigofera tinctoria*).

4. Warna dasar hitam

Pada umumnya, warna dasar hitam terdapat pada tanaman yang banyak mengandung senyawa tannin. Warna hitam dapat diaplikasikan untuk pewarnaan pada selulosa dan serat protein yang memberikan efek pewarnaan tidak mudah luntur atau kusam.

Zat warna alami juga dapat diklasifikasikan menjadi tiga tipe berdasarkan *original source* atau sumber bahan baku, yaitu *vegetable origin*, *mineral origin*, dan *animal origin*. *Vegetable origin* merupakan sumber bahan baku zat warna yang berasal dari akar, daun, kulit kayu, atau bagian lain dari tanaman. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4. *Mineral origin* merupakan bahan baku zat warna

yang berasal dari senyawa – senyawa anorganik di alam. *Animal origin* bersumber dari serangga yang memiliki zat warna contohnya *cochineal* dan *kermes* (Kumbasar, 2011).

Tabel 2.4 *Vegetable origin*

No.	Bagian Tanaman	Sumber Zat Warna
1.	Akar	Kunyit (<i>Curcuma longa</i>), Madder (<i>Rubia tinctoria</i>), Beetroot
2.	Kulit kayu / kayu	Cendana (<i>Santalum album</i>), Secang (<i>Caesalpinia sappan</i>), Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>), Nangka (<i>Artocarpus heterophylla</i>)
3.	Daun	Teh (<i>Camellia sinensis</i>), Eukaliptus (<i>Eucalyptus sp</i>), Tarum (<i>Indigofera tinctoria</i>)
4.	Bunga	Marigold (<i>Tagetes sp</i>), Dahlia (<i>Dahlia pinnata</i>)
5.	Buah / biji	Delima (<i>Punica granatum</i>)

Zat warna alami juga dapat diklasifikasikan berdasarkan kandungan kimia yang memberikan efek warna, yaitu (Kumbasar, 2011):

1. *Indigo dye* merupakan zat warna yang timbul karena adanya senyawa indigo atau indigotin. Tanaman *woad* merupakan salah satu sumber warna biru dengan senyawa indigo sebagai komponen utama.
2. *Anthraquinone dye* merupakan sumber warna merah yang paling banyak ditemukan di alam.
3. *Flavonoid dye* merupakan sumber warna kuning yang diperoleh dari turunan flavon, isoflavon, *aurone*, dan *chalcones*.

2.1.3 Mahoni (*Swietenia mahagoni*)

2.1.3.1 Klasifikasi Mahoni

Kingdom : Plantae
 Divisi : Spermatophyta
 Subdivisi : Angiospermae
 Kelas : Dicotyledone
 Bangsa : Ratales
 Marga : Swietenia
 Jenis : *Swietenia mahagoni*



Gambar 2.1. Pohon Mahoni (*Swietenia mahagoni*)

2.1.3.2 Diskripsi Umum Mahoni

a. Nama Lokal

Ada beberapa nama lokal *Swietenia mahagoni* di Indonesia, yaitu mahoni, maoni, moni, dan mahagni.

b. Morfologi

Swietenia mahagoni atau mahoni merupakan tumbuhan berkayu keras dan merupakan pohon tahunan. Tinggi pohon mencapai 5 – 25 meter, batang bulat, berakar tunggang, banyak cabang, dan kayunya bergetah. Daun mahoni merupakan daun majemuk, tulang daun menyirip, daun berbentuk bulat telur, ujung panjang runcing, tepi daun rata, dan panjang daun 3 – 15 cm. Daun muda berwarna merah sedangkan daun tua berwarna hijau. Bunga mahoni merupakan bunga majemuk, kelopak bunga saling lepas menyerupai sendok, mahkota bunga berbentuk silindris, benang sari melekat pada mahkota, kepala sari berwarna putih atau kuning kecokelatan, Pohon mahoni akan berbunga setelah berusia 7 atau 8 tahun.

c. Penyebaran di Indonesia

Swietenia mahagoni atau mahoni merupakan tanaman tropis yang dapat tumbuh liar di hutan jati dan kawasan dekat pantai. Mahoni banyak dijumpai di Sumatera, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara, dan Sulawesi Selatan. Habitat mahoni di dataran rendah hingga dataran tinggi dan mampu hidup di daerah ekstrem dengan cuaca panas serta kurang air.

d. Kegunaan

Swietenia mahagoni atau mahoni banyak di tanam di tepi jalan sebagai tanaman pelindung. Kayu mahoni digunakan untuk mebel, konstruksi bangunan, ukiran, dan barang bernilai ekonomis lainnya. Kayu mahoni juga dapat digunakan untuk pewarna kain. Pada kulit kayu pohon mahoni terkandung senyawa antrakuinon. Biji buah mahoni dapat digunakan sebagai obat. Mahoni juga cocok untuk budidaya hutan produksi.

2.1.4 Pohon Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

2.1.4.1 Klasifikasi Pohon Nangka

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Rosales
Suku	: Moraceae
Marga	: Artocarpus
Jenis	: <i>Artocarpus heterophyllus</i>



Gambar 2.2. Pohon Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

2.1.4.2 Diskripsi Umum Tanaman Nangka

a. Nama Lokal

Ada beberapa nama lokal untuk tanaman nangka di Indonesia, yaitu : nongko di Jawa, nangka Jawa Barat, anane di Ambon, dan malasa di Lampung.

b. Morfologi

Artocarpus heterophyllus atau tanaman nangka memiliki ciri – ciri tinggi pohon dapat berkisar antara 10 - 15 meter dan diameter batang dapat mencapai 80 cm. Batangnya tegak, berkayu, bulat, kasar dan berwarna hijau kotor. Daunnya tunggal, berseling lonjong, tulang daun menyirip, daging daun tebal, tepi rata dan berujung runcing. Panjang daun berkisar antara 5 – 15 cm, lebar 4 – 5 cm, dan berwarna hijau. Bunga nangka merupakan bunga majemuk berbentuk bulir, terletak pada ketiak daun, dan berwarna kuning. Bunga jantan terpisah dari bunga betina dengan tangkai memiliki cincin. Buah nangka berwarna kuning ketika masak dan memiliki biji berwarna cokelat muda. Sistem perakaran merupakan akar tunggang yang kokoh.

c. Penyebaran di Indonesia

Artocarpus heterophyllus (tanaman nangka) merupakan tanaman tropis yang diduga berasal dari India bagian selatan. Tanaman nangka selanjutnya menyebar ke negara – negara tropis. Dalam bahasa Inggris, nangka dikenal sebagai *Jack Fruit*. Di Indonesia, tanaman nangka dapat tumbuh hampir di seluruh wilayah. Tanaman nangka cocok di tanam di daerah dengan rata – rata curah hujan tahunan 1.500 – 2.500 mm dan musim keringnya tidak terlalu keras. Temperatur udara yang diperlukan oleh tanaman nangka berkisar antara 16 – 21 °C. Tanaman nangka dapat bertahan hingga temperatur udara maksimum 31 °C.

d. Kegunaan

Artocarpus heterophyllus atau tanaman nangka banyak dimanfaatkan oleh masyarakat terutama buah dan kayu. Buah nangka umumnya dikonsumsi, sedangkan kayu dari pohon nangka banyak digunakan untuk industri mebel, konstruksi bangunan, maupun alat musik.

Tanaman ini juga dapat digunakan untuk konservasi lahan miring dan daerah aliran sungai karena memiliki sistem perakaran yang kokoh. Kayu nangka mengandung pigmen kuinon yang dapat digunakan sebagai zat warna.

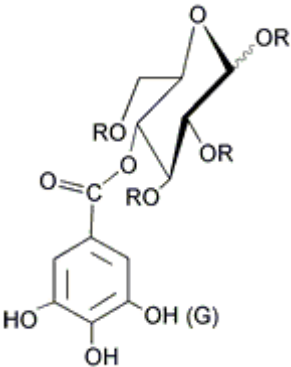
2.2 Senyawaan Zat Warna Alami

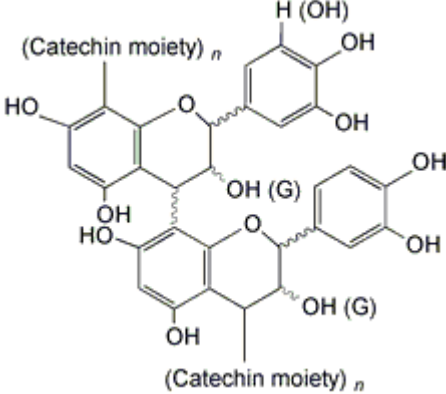
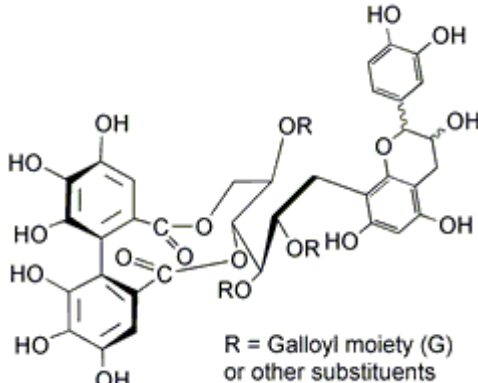
2.2.1 Tanin

Tanin merupakan suatu grup dalam senyawaan phenol yang memiliki karakteristik bereaksi dengan *ferric chloride* (FeCl_3) dan mampu membentuk ikatan dengan protein. Tanin memiliki berat molekul yang tinggi dan memiliki gugus hidroksil sehingga mampu membentuk kompleks dengan protein. Tanin merupakan senyawa metabolit sekunder yang bersifat astrigen dengan rasa sepat yang khas. Secara umum tanin dibedakan atas tanin hidrolisis dan tanin kondensasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.5 (Bechtold, 2009).

Tanin kondensasi adalah polimer yang terbentuk dari kondensasi flavan dan tidak mengandung residu gula. Tanin hidrolisis merupakan turunan dari *gallic acid* (3,4,5-trihydroxyl benzoic acid). Tanin merupakan salah satu senyawaan yang membawa pigmen pada tanaman. Berdasarkan warna yang dihasilkan, tanin dapat diklasifikasikan menjadi tiga tipe, yaitu *clear tannin*, *yellow tannin* dan *red – brown tannin* (Bechtold, 2009).

Tabel 2.5. Klasifikasi dan struktur kimia tanin

No.	Grup	Struktur Kimia
1.	Tanin hidrolisis	

2.	Tanin kondensasi	
3.	Kompleks tannin	

Tanin sebagai zat warna dapat memberikan warna coklat. Tanin merupakan senyawa polar sehingga dapat larut pula pada pelarut polar seperti alkohol, air, dan aseton. Tanin tidak dapat larut pada kloroform, petroleum eter, dan benzene. Uji kualitatif tannin dapat dilakukan dengan cara mereaksikan sampel dengan FeCl_3 5%. Kandungan tannin teridentifikasi dengan perubahan warna sampel menjadi biru gelap atau hijau kehitaman. Pada tanaman, tanin banyak terkandung pada bagian kayu, kulit kayu, biji, daun, bunga, dan akar (Bechtold, 2009).

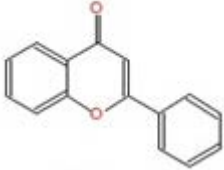
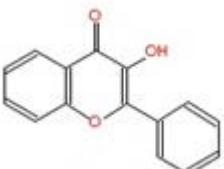
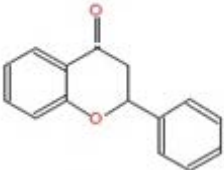
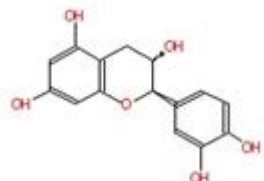
2.2.2 Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa polifenol yang memiliki 15 atom karbon dengan struktur terdiri atas dua cincin aromatik yang dihubungkan oleh 3 atom karbon atau dapat dinyatakan dengan penulisan $\text{C}_6 - \text{C}_3 - \text{C}_6$. Flavonoid terdapat pada semua tumbuhan hijau sehingga banyak ditemukan pada ekstrak tanaman. Flavonoid merupakan pigmen yang banyak ditemukan pada tumbuhan dan larut

dalam air. Antosianin merupakan jenis senyawa flavonoid yang paling banyak ditemukan di alam. Antosianin dapat memberikan warna dengan *range* dari oranye – merah hingga ungu. Munculnya warna tersebut dipengaruhi oleh pH. Antosianin memberikan warna merah pada pH asam dan memberikan warna biru atau ungu pada pH basa (Bechtold, 2009).

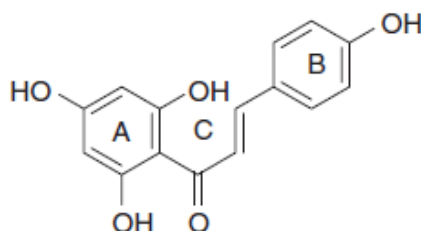
Flavonoid memiliki beberapa klasifikasi dibedakan berdasarkan tingkat oksidasi rantai propan ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Klasifikasi dan struktur kimia flavonoid

No.	Grup	Struktur Kimia
1.	Flavon	
2.	Flavonol	
3.	Flavanon	
4.	Flavanol	

Flavonoid dapat memberikan pita serapan saat diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pita serapan utama flavonoid diberikan oleh keberadaan cincin – A pada panjang gelombang 250 – 285 nm dan cincin – B pada panjang gelombang 320 – 385 nm. Uji kualitatif flavonoid dapat dilakukan dengan mereaksikan sample zat warna dengan padatan logam magnesium dan asam klorida. Hasil uji kualitatif akan menunjukkan perubahan warna merah pada

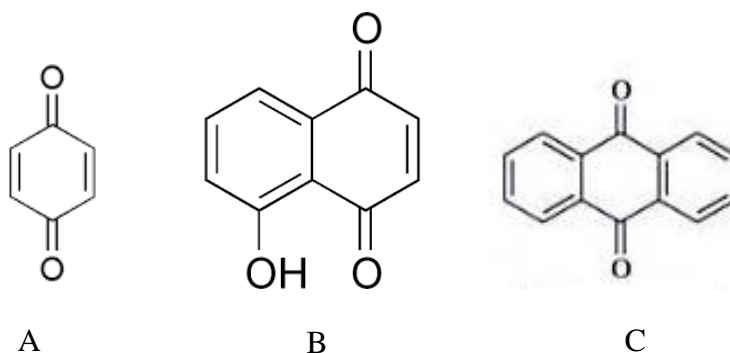
sampel zat warna. Pada Gambar 2.3 dapat diketahui letak cincin – A dan cincin – B pada struktur senyawa flavonoid (Bechtold, 2009).



Gambar 2.3. Struktur flavonoid

2.2.3 Kuinon

Kuinon merupakan senyawa kimia yang dapat menjadi zat warna alami. Kuinon diklasifikasikan menjadi tiga tipe berdasarkan struktur kimianya. Tipe pertama yaitu benzokuinon yang terkandung pada bunga, jamur atau *lichens*. Tipe kedua yaitu naftakuinon dengan senyawa utama yaitu *lawson* (2-hydroxy-1,4-naphthoquinone) dan *juglon* (5-hydroxy-1,4-naphthoquinone). Tipe ketiga yaitu antrakuinon merupakan senyawa kuinon yang paling banyak ditemukan di alam. Antrakuinon merupakan senyawa polifenol atau turunan alkoksinya dan mengandung substituent pada posisi β . Antrakuinon merupakan senyawa zat warna yang dapat memberikan warna merah. Senyawa antrakuinon yang paling stabil di alam yaitu *alizarin* atau 1,2-dihydroxy anthraquinone. Uji kualitatif kuinon dilakukan dengan mereaksikan sampel zat warna dengan suatu senyawa basa misalnya NaOH 1%. Pada Gambar 2.4 ditunjukkan struktur dari senyawa benzokuinon, naftakuinon dan antrakuinon (Bechtold, 2009).



Gambar 2.4. Struktur kimia kuinon: (A) benzokuinon, (B) naftakuinon dan (C) antrakuinon

2.3 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan metode untuk mendapatkan senyawa kimia dari bahan – bahan alam. Metode ini adalah proses pemisahan bahan padat maupun cair dengan bantuan pelarut tertentu. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak senyawa kimia tertentu tanpa melarutkan substansi yang lain. Ekstraksi padat – cair menggunakan pelarut banyak digunakan dalam bidang kimia, bioteknologi, dan industri farmasi. Melalui metode ekstraksi padat – cair, komposisi yang bermanfaat dari suatu bahan alam dapat diproduksi. Proses ekstraksi didasarkan pada perpindahan massa zat padat ke dalam pelarut. Proses perpindahan massa ini terjadi pada lapisan antar muka kemudian berlanjut hingga berdifusi masuk dalam pelarut.

Ekstraksi padat – cair dibedakan menjadi dua metode berdasarkan proses ekstraksinya, yaitu ekstraksi berkesinambungan (*continuous extraction*) dan ekstraksi bertahap (*bath extraction*). Ekstraksi berkesinambungan dilakukan dengan menggunakan pelarut yang sama secara terus menerus selama proses ekstraksi. Ekstraksi bertahap dilakukan dengan mengganti pelarut pada setiap tahapan ekstraksi.

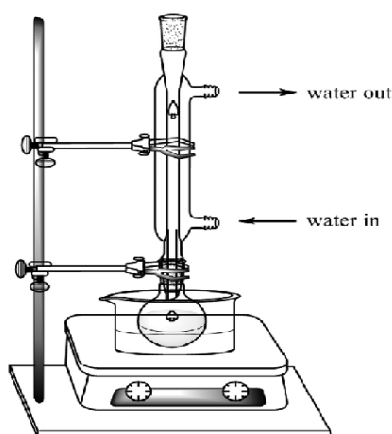
Berdasarkan proses pemanasan, metode ekstraksi digolongkan menjadi ekstraksi dingin dan ekstraksi panas. Pada ekstraksi dingin tidak diperlukan sumber pemanas sedangkan pada ekstraksi panas dilakukan pemanasan terhadap pelarut yang digunakan. Aplikasi ekstraksi dingin yaitu pada metode ekstraksi maserasi dan perkolasi. Aplikasi ekstraksi panas yaitu pada metode refluks, soxhlet, dan destilasi.

2.3.1 Metode Refluks

Ekstraksi padat – cair dapat dilakukan dengan metode refluks. Pada metode refluks, proses ekstraksi akan berjalan dalam 3 tahap, yaitu tahap pemanasan, tahap evaporasi, dan tahap kondensasi. Tahap pemanasan dimulai ketika sampel dan pelarut dimasukkan ke dalam labu alas bulat kemudian dipanaskan. Tahap evaporasi terjadi ketika pelarut mencapai titik didih dan berubah fase dari cair menjadi gas dengan membawa serta ekstrak sampel. Tahap kondensasi terjadi ketika uap pelarut yang mengandung ekstrak masuk ke

kondensor dan bertemu dengan air pendingin yang melewati kondensor. Ketika uap pelarut bertemu dengan air pendingin, menyebabkan penurunan temperatur sehingga terjadi perubahan fase menjadi cair dan masuk kembali ke labu alas bulat. Metode refluks merupakan ekstraksi padat – cair yang berkesinambungan. Gambar 2.5 merupakan rangkaian alat yang digunakan pada metode refluks.

Metode refluks dapat dikombinasikan dengan penggunaan gelombang ultrasonik sebagai sumber energi. Metode ini dapat dilakukan melalui sistem bath dimana pada prosesnya menggunakan *ultrasonic cleaning bath* dengan frekuensi 40 kHz. Pada sistem bath, labu alas bulat akan diletakkan di dalam *ultrasonic cleaning bath* yang telah diisi dengan air. Posisi labu alas bulat diatur sedemikian rupa sehingga berada pada area dengan efek sonikasi yang paling maksimum.

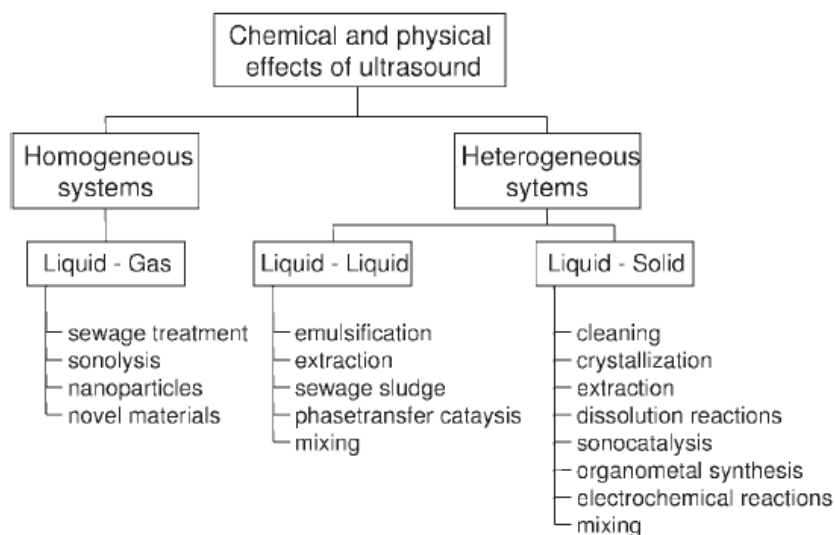


Gambar 2.5 Metode refluks

2.4 Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang yang memiliki kisaran frekuensi antara 18 kHz hingga 100 MHz. Berdasarkan kisaran frekuensi yang lebar, maka gelombang ultrasonik dapat dikelompokkan menjadi dua tipe sesuai kegunaannya. Tipe pertama yaitu *power ultrasound* merupakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20 kHz hingga 100 kHz yang dapat digunakan untuk *clearing plastic welding sonochemistry*. Tipe kedua yaitu *diagnostic ultrasound* dengan frekuensi 1 MHz hingga 10 MHz yang dapat digunakan dalam bidang kesehatan (*medical diagnosis*) atau analisis kimia (Mason, 2004).

Perbedaan frekuensi pada tipe gelombang ultrasonik menunjukkan besarnya transmisi energi pada suatu medium yang dapat menimbulkan fenomena kavitasi. Gelombang ultrasonik merupakan sumber potensial untuk meningkatkan reaksi kimia. Beberapa proses kimia ataupun proses industri seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 bergantung pada penggunaan gelombang ultrasonik antara lain proses *cleaning*, emulsifikasi, ekstraksi, peningkatan reaksi kimia, kristalisasi, oksidasi, dan lain – lain (Mason, 2004).



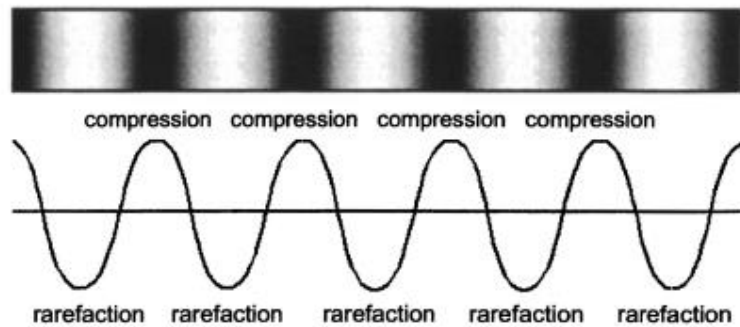
Gambar 2.6. Bagan proses kimia yang memanfaatkan gelombang ultrasonik

Pada proses ekstraksi, gelombang ultrasonik dapat memicu timbulnya kavitasi pelarut. Fenomena kavitasi (*cavitation*) merupakan proses terbentuknya gelembung – gelembung mikro dalam suatu cairan (pelarut) karena besarnya tekanan negatif (P_c). Fenomena kavitasi terjadi karena adanya tekanan gelombang yang berasal dari gelombang ultrasonik merambat melalui suatu medium dan menyebabkan molekul – molekul berosilasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7. Pada saat cairan dikenai tekanan negatif (P_c) besar maka berlaku :

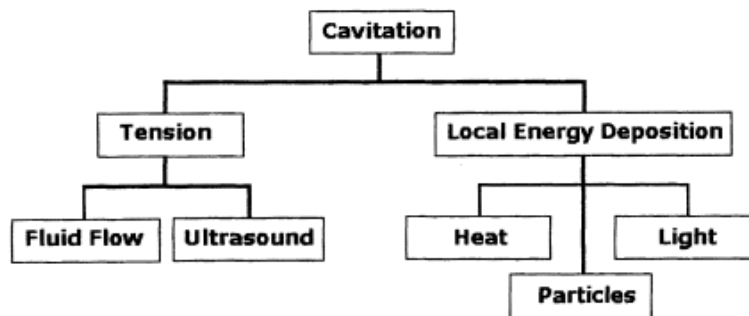
$$P_c \text{ (rarefaction pressure)} = P_a - P_h$$

dimana P_a menyatakan *acoustic pressure* dan P_h menyatakan *hydrostatic pressure*, sehingga jarak antar molekul melebihi *critical distance* (R). Pada kondisi tersebut molekul cairan akan mengalami pemecahan sehingga terbentuk gelembung

kavitasi. Munculnya fenomena kavitasi dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu : tegangan (tension) dan *local energy deposition* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8 (Mason, 2004).



Gambar 2.7. Pergerakan bunyi ketika melewati suatu medium cair



Gambar 2.8 Bagan fenomena kavitasi

Terdapat dua jenis kavitasi yang terbentuk saat gelombang ultrasonik melewati medium, yaitu kavitasi stabil dan kavitasi sementara (*Transient cavitation*). Kavitasi stabil terbentuk akibat osilasi yang terjadi pada medium dengan ukuran gelembung yang besar sedangkan kavitasi sementara terjadi diantara kavitasi stabil. Kavitasi sementara membentuk gelembung dengan ukuran kecil. Kavitasi stabil memiliki kontribusi besar selama proses sonochemical. Pembentukan kavitasi pada proses sonochemical dipengaruhi oleh tiga parameter, yaitu parameter *acoustic*, parameter pelarut, dan parameter eksternal (Mason, 2004).

Parameter *acoustic* meliputi frekuensi ultrasonik, intensitas ultrasonik, dan *pulse*. Parameter pelarut meliputi viskositas, tegangan permukaan, tekanan uap, konduktivitas thermal, kompresibilitas, kecepatan suara, dan bahan terlarut.

Parameter eksternal meliputi gelembung gas, temperature, dan tekanan (Mason, 2004).

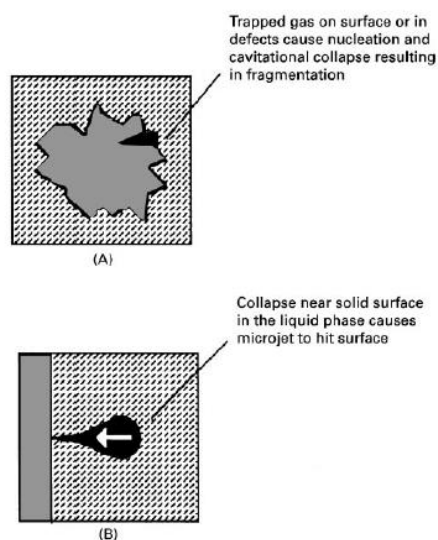
Peningkatan frekuensi irradiasi mengakibatkan fase *rarefaction* semakin pendek sehingga terdapat tiga konsekuensi terhadap parameter ini. Untuk menjaga agar jumlah kavitasi pada sistem berada pada kondisi equivalent terhadap pelarut maka diperlukan peningkatan *power* seiring peningkatan frekuensi gelombang ultrasonik. Berdasarkan alasan tersebut, maka untuk proses sonochemical dipilih *range* gelombang ultrasonik antara 20 kHz dan 40 kHz. Pada frekuensi sangat tinggi hingga mencapai area MHz, akan sulit untuk terjadi kavitasi pada cairan. Pada frekuensi sangat tinggi, fase *rarefaction* akan semakin pendek sedangkan suatu cairan memiliki waktu tertentu untuk pembentukan kavitasi, maka bila *rarefaction* semakin pendek dari waktu pembentukan kavitasi mengakibatkan kavitasi mustahil terjadi. Pada frekuensi rendah akan terbentuk gelembung yang besar karena terjadi siklus *acoustic* yang panjang. Pada frekuensi tinggi terbentuk gelembung kecil karena siklus *acoustic* singkat (Mason, 2004).

Untuk menginduksi terjadinya kavitasi, intensitas *acoustic* harus melebihi nilai ambang kavitasi. Pada frekuensi rendah maka intensitas yang dibutuhkan untuk menginduksi kavitasi lebih kecil. Secara umum, meningkatnya intensitas akan memberikan peningkatan efek *sonochemical* tetapi energi masukan dalam sistem tidak dapat ditingkatkan tanpa batas. Peningkatan energi harus disesuaikan dengan material transducer dari alat sonicator. Selain itu, energi ultrasonik yang besar dapat memicu munculnya pembentukan kavitasi dalam jumlah besar. Gelembung kavitasi tersebut akan saling bergabung dan membentuk gelembung yang lebih besar dan memiliki daya tahan yang lebih lama sehingga dapat menjadi penghalang bagi transfer energi *acoustic* pada cairan. Adanya fenomena *decoupling* dapat menurunkan efisiensi transfer energi dari sumber ultrasonik ke media (Mason, 2004).

Fenomena kavitasi sulit terjadi pada pelarut yang memiliki viskositas tinggi karena tekanan negatif pada area *rarefaction* tidak mampu mengatasi gaya kohesif pelarut. Pelarut dengan tegangan permukaan yang rendah dapat menurunkan nilai ambang kavitasi. Pelarut yang memiliki tekanan uap rendah akan sulit menginduksi kavitasi (Mason, 2004).

Pembentukan kavitasasi juga dipengaruhi oleh penambahan kandungan gas pada larutan. Peningkatan kandungan gas pada larutan dapat meningkatkan pembentukan kavitasasi dan juga dapat menurunkan intensitas gelombang kejut saat gelembung pecah. Gas yang dapat digunakan antara lain N_2 atau O_2 . Temperatur eksternal harus dijaga agar mencapai kondisi optimal karena bila temperatur mendekati nilai titik didih suatu pelarut dapat menimbulkan kavitasasi yang berlebihan. Kavitasasi tersebut dapat menjadi penghalang proses transmisi dan mengurangi efektivitas energi ultrasonik (Mason, 2004).

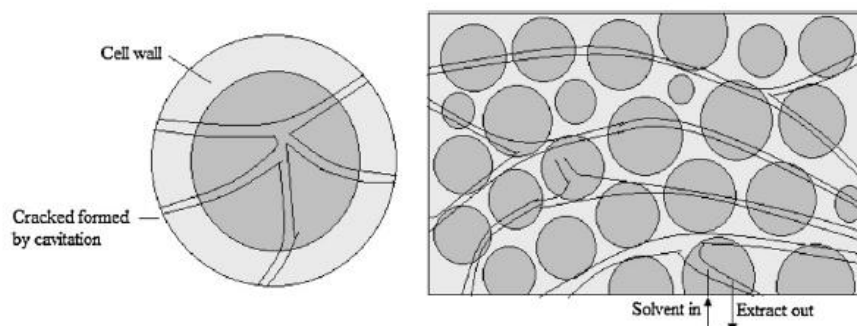
Pada media heterogen terdapat dua tipe pemecahan gelembung kavitasasi seperti ditunjukkan Gambar 2.9. Tipe pertama adalah pemecahan gelembung kavitasasi pada permukaan padatan karena adanya cacat permukaan, gas atau *impurities* yang terperangkap. Tipe kedua adalah pemecahan gelembung kavitasasi terjadi di area dekat permukaan sehingga mengakibatkan munculnya *microsteaming* pelarut. Iradiasi gelombang ultrasonik dapat menyebabkan perusakan partikel sehingga terjadi perubahan ukuran partikel menjadi lebih kecil, dengan demikian luas permukaan untuk terjadinya reaksi kimia semakin luas (Bendicho, 2000).



Gambar 2.9. Tipe pemecahan gelembung kavitasasi pada media heterogen

Pada mekanisme ekstraksi, kavitasasi yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik dapat memecah dinding sel tanaman. Pecahnya dinding sel

menyebabkan permeabilitas jaringan tanaman meningkat sehingga pelarut akan lebih mudah meresap dan mengekstrak senyawa. Mekanisme pemecahan dinding sel akibat adanya kavitasi dapat dipelajari melalui Gambar 2.10 (Shirsath, 2012).



Gambar 2.10. Mekanisme pemecahan dinding sel

2.5 Sistem Ultrasonik *Bath*

Sistem ultrasonik *bath* memiliki beberapa desain tipe *bath* yang digunakan yaitu :

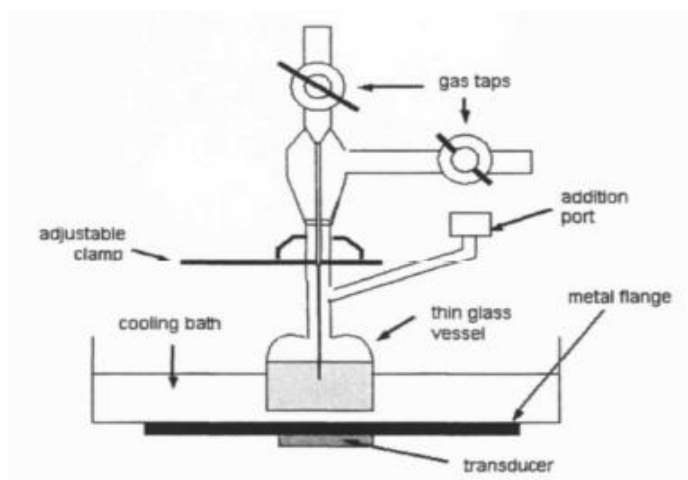
1. Tank yang memiliki *transducer* di bagian bawah atau biasanya dikenal dengan *ultrasonic cleaning bath*. *Transducer* tidak langsung bersentuhan dengan cairan di dalam *bath*.
2. Tank yang memiliki elemen *transducer* yang langsung bersentuhan dengan cairan di dalam *bath*. Desain ini disebut *ultrasonic bath reactor*.
3. Tank yang memiliki elemen *transducer* tertutup dan di rancang untuk tercelup ke dalam cairan di dalam *bath* (*submersible transducer*).
4. *Cup – horn device* yang merupakan pelengkap dalam sistem probe.

Berdasarkan frekuensi yang digunakan, sistem ultrasonik *bath* diklasifikasikan menjadi dua tipe. Tipe pertama adalah ultrasonik *bath – low frequency*. Ultrasonik *bath – low frequency* umumnya memiliki *range* frekuensi sebesar 20 – 100 kHz. Tipe ini adalah tipe sederhana yang dapat diaplikasikan di laboratorium. Desain alat yang digunakan untuk tipe ini adalah *ultrasonic cleaning bath*. Gambar 2.11 menunjukkan *ultrasonic cleaning bath* yang digunakan *low frequency* (Mason, 2004).



Gambar 2.11. *Ultrasonic cleaning bath*

Tipe kedua yaitu ultrasonik *bath – high frequency* dengan *range* frekuensi 100 kHz – 1 MHz. Ultrasonik *bath – high frequency* biasa diaplikasikan untuk suatu proses *sonochemistry* yang kompleks dan umumnya alat ultrasonik yang digunakan tidak mudah ditemukan di pasaran. Reaktor yang digunakan untuk melakukan ultrasonik *bath – high frequency* memerlukan desain khusus dan harganya relatif lebih mahal. Seorang professor bernama A. Henglein dari Hahn – Meitner – Institut di berlin melakukan penelitian menggunakan Ultrasonik *bath – high frequency* dan mendesain ultrasonik *bath* seperti pada Gambar 2.12 (Mason, 2004).



Gambar 2.12. Desain ultrasonik *bath – high frequency*

Keuntungan menggunakan sistem ultrasonik *bath*, yaitu :

1. Ultrasonik *bath – low frequency* merupakan metode yang dapat diaplikasikan untuk skala laboratorium.
2. Pada sistem ultrasonik *bath, acoustic field* akan terdistribusi secara merata pada cairan dalam *bath*.
3. Tidak memerlukan modifikasi alat, cukup menggunakan peralatan gelas laboratorium.
4. *Ultrasonic cleaning bath* harganya murah.

2.6 Pelarut Aquades – Etanol

Aquades adalah hasil destilasi atau penyulingan air. Aquades merupakan H₂O murni karena kandungan mineralnya sedikit. Aquades atau air dapat digunakan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi. Aquades merupakan pelarut polar karena pada molekul aquades (H₂O) memiliki momen dipol atau perbedaan elektronegativitas. Molekul H₂O memiliki massa molekul relatif sebesar 18.02 g/mol dan titik didih pada 100 °C. Pelarut aquades merupakan pelarut yang ramah lingkungan karena tidak bersifat toksik, tidak bersifat mutagen, dan tidak bersifat karsinogen (MSDS², 2005).

Etanol atau etil alkohol (C₂H₅OH) adalah senyawa alkohol yang dapat berperan sebagai pelarut organik. Etanol memiliki titik didih sebesar 78 °C dan memiliki massa molekul relatif sebesar 46.04 g/mol. Etanol merupakan pelarut yang bersifat polar karena molekul etanol mengandung gugus hidroksil (-OH). Indeks kepolaran etanol yaitu sebesar 5,2. Kepolaran etanol menyebabkan dapat melarutkan senyawa lain yang juga bersifat polar sesuai prinsip *like dissolve like*. Etanol merupakan senyawa alkohol yang paling kurang bersifat toksik sehingga dapat digunakan untuk industri *consumer product* (MSDS¹, 2001).

Etanol bersifat higroskopis sehingga sangat mudah larut dalam aquades. Campuran aquades dengan etanol dapat digunakan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi. Pada pencampuran aquades ke dalam etanol, terjadi penurunan tegangan permukaan sehingga larutan menjadi lebih mudah menguap. Ikatan hidrogen (*Hydrogen bond*) terjadi antara etanol dan aquades.

2.7 Analisa menggunakan spektrofotometer UV-Visible

Sinar ultraviolet dan sinar tampak (visible rays) tergolong dalam spektrum elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik merupakan gabungan dari adanya aliran listrik bolak – balik dan medan magnetik yang melewati suatu ruang atau media sehingga menimbulkan gelombang. Oleh karena itu, perilaku radiasi dapat diasumsikan menyerupai gelombang sehingga akan diperoleh suatu hubungan antara frekuensi dan panjang gelombang :

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

dimana ν merupakan frekuensi, c adalah kecepatan cahaya, dan λ adalah panjang gelombang. Pada spektrofotometer UV-Visible, panjang gelombang yang pendek akan menghasilkan energi yang besar. Energi tersebut dapat digunakan untuk pengukuran sampel kimia. Saat radiasi UV-Visible mengenai material sampel akan terjadi proses penyerapan energi.

Pada umumnya pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Visible akan menghasilkan puncak serapan yang melebar. Hal ini disebabkan oleh proses penyerapan energi UV – Visible terjadi pada ikatan π yang terkandung pada gugus kromofor. Oleh karena itu, adanya serapan pada panjang gelombang tertentu dapat digunakan untuk mengenali gugus kromofor dari suatu senyawa. Besarnya serapan bergantung pada pelarut yang digunakan dan kondisi molekular dari senyawa uji. Pada Tabel 2.7 ditampilkan panjang gelombang untuk kromofor. Senyawa yang mengandung unsur logam transisi akan memberikan serapan pada kisaran panjang gelombang 400 – 700 nm atau pada daerah sinar tampak.

Tabel 2.7. Panjang gelombang kromofor

Kromofor	Formula	λ_{max} (nm)
Karbonil (keton)	C=O	271
Karbonil (aldehid)	C=O	293
Karboksil	HOC=O	204
Amida	NH ₂ C=O	208
Nitril	C=N	< 160
	C \equiv N	< 170
Azo	N=N	350 - 370

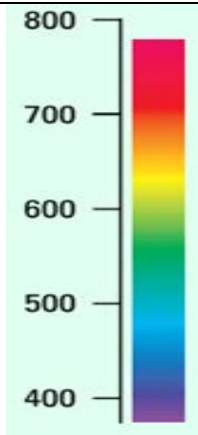
Serapan yang dialami oleh molekul senyawa dapat mengalami pergeseran panjang gelombang maupun pergeseran intensitas absorpsi. Pergeseran ini

dipengaruhi oleh penggunaan pelarut untuk uji spektrofotometer UV-Visible. Pergeseran panjang gelombang menuju panjang gelombang lebih panjang disebut pergeseran batokromik atau pergeseran merah. Pergeseran panjang gelombang menuju panjang gelombang lebih pendek disebut pergeseran hipsokromik atau pergeseran biru. Peningkatan intensitas absorpsi disebut efek hiperkromik sedangkan penurunan intensitas absorpsi disebut efek hipokromik. Pada Tabel 2.8 berikut ini disajikan efek pelarut terhadap pengukuran sampel. Pengujian kualitatif menggunakan spektrofotometer UV-Visible juga dapat dilakukan dengan cara membandingkan spektrum uji terhadap spektrum *reference*.

Tabel 2.8. Efek pelarut terhadap pergeseran panjang gelombang

Pelarut	Pergeseran λ (nm)
Aquades	< 195
Heksana	199
Etanol	207
Metanol	210
Chloroform	246
Acetone	331

Tabel 2.9. Warna terserap dan warna komplementer

Spektrum	Panjang Gelombang	Warna terserap	Warna komplementer
	650 – 780	Merah	Biru - hijau
	595 – 650	Jingga	Biru muda
	560 – 595	Kuning – hijau	Ungu
	500 – 560	Hijau	Merah – ungu
	490 – 500	Hijau - biru	Merah
	480 – 490	Biru muda	Jingga
	435 – 480	Biru	Kuning
	380 - 435	Ungu	Kuning – hijau

Warna larutan sampel juga memiliki peranan penting dalam uji kualitatif menggunakan spektrofotometer UV-Visible. Warna larutan memiliki pengaruh

terhadap besarnya serapan atau pemantulan energi. Mata manusia melihat warna komplemen dari energy yang diserap oleh suatu material seperti ditunjukkan pada tabel berikut (Owen, 1996).

2.8 Pemodelan Ekstraksi Metode UAE

2.8.1 Model Kinetika Ekstraksi Orde Satu

Berdasarkan hukum kecepatan orde satu diperoleh persamaan :

$$\frac{d[C]}{dt} = -k[C] \quad (2.1)$$

Kemudian diintegalkan sehingga diperoleh persamaan :

$$\ln\left(\frac{[C]}{[C_0]}\right) = -kt \quad (2.2)$$

$$\ln[C] = -kt + \ln[C_0] \quad (2.3)$$

Berdasarkan persamaan 2.3 maka dapat dibuat suatu grafik hubungan antara $\ln(C)$ terhadap waktu. Grafik tersebut akan membentuk suatu garis lurus dengan slope sebagai $-k$ dan intercept sebagai nilai $\ln(C_0)$.

Penggunaan kinetika orde satu untuk menjelaskan proses ekstraksi didasarkan pada asumsi bahwa (Makris, 2016) :

1. Zat warna terdistribusi secara merata dalam partikel padatan.
2. Partikel dianggap berbentuk bulat (*spherical*).
3. Difusivitas dianggap konstan selama proses ekstraksi.
4. Larutan tercampur dengan sempurna oleh paparan gelombang ultrasonik.
5. Hambatan terjadinya transfer massa pada fase liquid dapat diabaikan.
6. Transport zat warna dari partikel padatan menuju fase liquid terjadi melalui proses difusi.

Gambar 2.13 menunjukkan ilustrasi asumsi proses ekstraksi melalui kinetika orde satu.

Model kinetika ekstraksi orde satu dapat diaplikasikan untuk menggambarkan kecepatan ekstraksi menggunakan metode UAE. Priscilla C. Veggi pada tahun 2013 melakukan penelitian ekstraksi polifenol menggunakan metode UAE dan diketahui bahwa proses ekstraksi mengikuti model kinetika orde satu sesuai persamaan :

$$C_t = C_\infty(1 - e^{-kt}) \quad (2.4)$$

dimana C_t adalah konsentrasi total polifenol pada waktu t , C_∞ adalah konsentrasi akhir polifenol, dan k adalah konstanta kecepatan orde satu yang diperoleh dari linear plot $\ln(1 - C_t/C_\infty)$.

Pemodelan kinetika orde satu untuk ekstraksi flavonoid menggunakan metode UAE dipublikasikan oleh Dimitris P. Makris pada tahun 2016. Pada penelitian tersebut dilaporkan bahwa yield total flavonoid sebagai fungsi waktu memenuhi persamaan :

$$Y_{TF(t)} = Y_{TF(s)}(1 - e^{-kt}) \quad (2.5)$$

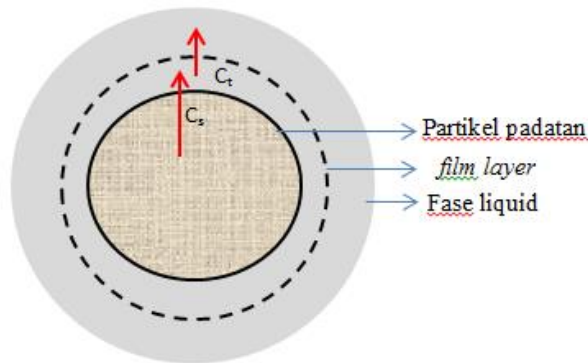
dimana $Y_{TF(t)}$ adalah yield flavonoid pada waktu t , $Y_{TF(s)}$ adalah yield flavonoid pada kondisi equilibrium, dan k adalah konstanta kecepatan ekstraksi orde satu.

Penyusunan ulang persamaan 2.5 diperoleh persamaan :

$$\ln \left(\frac{Y_{TF(s)}}{Y_{TF(s)} - Y_{TF(t)}} \right) = kt \quad (2.6)$$

$$\log(Y_{TF(s)} - Y_{TF(t)}) = \log(Y_{TF(s)}) - \frac{k}{2.303} t \quad (2.7)$$

Berdasarkan persamaan 2.7 maka diperoleh grafik hubungan $\log(Y_{TF(s)} - Y_{TF(t)})$ terhadap waktu t , dimana *slope* dapat dinyatakan sebagai nilai $-k$.



Gambar 2.13. Asumsi kinetika ekstraksi orde satu

2.8.2 Model Kinetika Peleg

Kinetika ekstraksi material biologi umumnya dijelaskan menggunakan kinetika model Peleg. Model kinetika ini diperkenalkan oleh Peleg dengan memberikan asumsi bahwa kurva ekstraksi dari material biologi memiliki

kemiripan dengan kurva sorpsi (Vetal, 2013). Persamaan untuk kinetika model Peleg yaitu :

$$C(t) = \frac{t}{\left[\frac{1}{k_1}\right] + \left[\frac{1}{k_2}\right]t} \quad (2.8)$$

dimana $C(t)$ merupakan kadar hasil ekstraksi pada waktu tertentu yang dinyatakan dalam massa endapan dibagi massa bahan ($g_{\text{endapan}} / g_{\text{bahan}}$). k_1 menyatakan konstanta laju ekstraksi Peleg dan k_2 merupakan konstanta kapasitas Peleg yang menyatakan hasil ekstraksi maksimal pada kondisi penelitian yang dilakukan (Tiwari, 2015).

Mangesh D. Vetal pada tahun 2013 melakukan penelitian ekstraksi asam ursolic menggunakan metode UAE. Model kinetika Peleg diaplikasikan untuk menggambarkan kinetika yang terjadi pada proses UAE. Proses ekstraksi terjadi dalam dua tahap yaitu tahap pertama berlaku orde satu dan tahap kedua berjalan dalam kinetika orde nol. Pada tahun 2013, Leandro Galván D'Alessandro melakukan penelitian ekstraksi antosianin menggunakan metode UAE. Pada penelitian tersebut menggunakan model kinetika Peleg untuk mempelajari kinetika ekstraksi.

2.8.3 Response Surface Methodology

Response surface methodology (RSM) merupakan kumpulan dari teknik matematika dan statistika untuk menggambarkan model empiris dari suatu eksperimen. Melalui suatu eksperimental design tertentu, metode ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel *independent* (*input*) terhadap variabel *dependent* (*response*). Tahap pertama RSM adalah menentukan perkiraan hubungan variabel *independent* terhadap variabel *dependent* yang sesuai melalui *low – order polynomial* (*first order* atau *second order*). Persamaan umum untuk *first order* yaitu :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \epsilon$$

Persamaan umum untuk *second order polynomial* yaitu :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i < j} \sum \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \epsilon$$

dimana y adalah variabel *response*, x_i dan x_j adalah variabel input yang dapat mempengaruhi variabel *response*. β_0 adalah suatu konstanta, β_i adalah koefisien linier untuk i , β_{ii} adalah koefisien kuadrat, dan β_{ij} adalah koefisien linear yang menghubungkan x_i dan x_j (Khuri, 2010).

Tahap kedua RSM adalah *design of experiment* (DoE) yang bertujuan untuk mengidentifikasi variabel desain yang memiliki pengaruh besar terhadap penelitian lanjut. Beberapa metode DoE dapat dilakukan sesuai first order polynomial atau second order polynomial. DoE untuk *first order polynomial* dapat dilakukan dengan cara (Khuri, 2010) :

1. *2^k Factorial Design*
2. *Plackett – Burman Design*
3. *Simplex design*

DoE untuk *second order polynomial* dapat dilakukan dengan cara :

1. *3^k Factorial Design*
2. *Central Composite Design*
3. *Box – Behnken Design*

Central composite design (CCD) merupakan metode yang paling sering digunakan untuk menggambarkan *second order polynomial*. CCD merupakan suatu metode yang menggabungkan design first order dan design second order. Desain *2^k factorial* dimodifikasi dengan penambahan *experimental runs* yang disebut *2^k axial point* (α) dan n_0 *center point replication*. Tujuan penggabungan tersebut yaitu penggunaan first order design untuk mengetahui fase pendahuluan untuk mendapatkan informasi awal tentang sistem *response* dan untuk memperkirakan seberapa penting suatu faktor mempengaruhi eksperimen. Penambahan *experimental runs* bertujuan untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan untuk menentukan kondisi operasi optimum pada variabel kontrol menggunakan second order model (Khuri, 2010).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah penggergajian dari kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*). Metode yang digunakan yaitu metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE). Metode AURE merupakan modifikasi UAE dengan penambahan aliran udara. Pelarut yang digunakan pada penelitian ini yaitu aquades dan etanol dengan berbagai variasi konsentrasi.

Metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dilakukan dengan cara refluks, dimana labu alas datar diletakkan di dalam *ultrasonic cleaning bath* yang berisi air. Gelombang ultrasonik digunakan sebagai sumber radiasi ultrasonik yang dapat memberikan efek kavitasi dan efek termal dalam proses ekstraksi. Metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE) dilakukan seperti metode UAE tetapi pada metode ini diberikan injeksi udara ke dalam labu alas datar leher tiga yang berisi sampel. Proses refluks dilengkapi dengan kondensor yang berfungsi sebagai sistem pendingin dan untuk mengurangi hilangnya uap pelarut.

Hasil ekstraksi menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE) akan memberikan hasil berupa ekstrak zat warna yang tertampung di dalam labu alas bulat. Pemisahan hasil ekstrak dengan sampel dilakukan menggunakan penyaring vakum. Kemudian ekstrak dipanaskan perlahan sehingga diperoleh padatan zat warna. Selanjutnya padatan akan diuji secara kualitatif menggunakan reagen kimia, uji GC-MS, dan uji spektrofotometer UV – visible.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

1. Kayu Mahoni (*Swietenia mahagoni*)
Kayu Mahoni yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Malang, Jawa Timur dalam bentuk serbuk sisa gergaji.
2. Kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*)
Kayu nangka yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Desa Gunung Sari, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang, Jawa Timur dalam bentuk serbuk sisa gergaji.
3. Aquades
Aquades digunakan untuk pelarut pada metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE). Air untuk proses pendinginan pada kondensor digunakan air PDAM.
4. Etanol
Etanol digunakan untuk pelarut pada *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE).

3.2.2 Alat

3.2.2.1 Alat untuk Metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE)

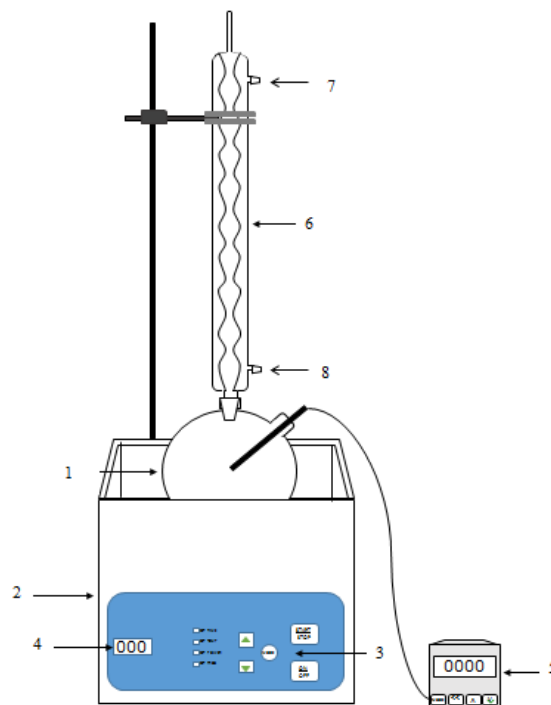
Deskripsi peralatan :

Rangkaian alat untuk metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) tersusun atas *ultrasonic cleaning bath* dan perangkat refluks. Perangkat refluks tersusun atas labu alas datar leher dua dan kondensor. Pada metode ini digunakan indikator temperatur untuk mengetahui temperatur ekstraksi. Berikut ini adalah keterangan Gambar 3.1 :

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 1 = Labu alas datar leher dua | 5 = Indikator temperatur |
| 2 = <i>Ultrasonic cleaning bath</i> | 6 = Kondensor |
| 3 = Tombol mode | 7 = Air keluar |
| 4 = <i>Digital display</i> | 8 = Air masuk |

Ultrasonic cleaning bath yang digunakan untuk penelitian ini adalah KRISBOW model KW1801033 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

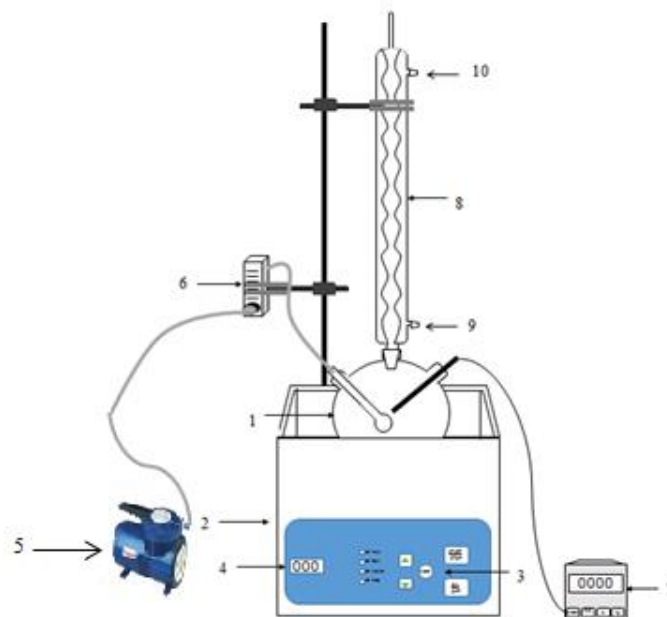
- Tegangan 240 V/ 50 Hz
- Daya 100 W
- Frekuensi maksimum 40 kHz
- Kapasitas tank 2,8 L
- Dimensi tank : Panjang = 23,5 cm, Lebar = 13,5 cm, dan Tinggi = 10 cm
- Dimensi *outer* : Panjang = 26,5 cm, Lebar = 16,5 cm, dan Tinggi = 24 cm



Gambar 3.1. Skema rangkaian alat untuk metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE)

3.2.2.2 Alat untuk Metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE)

Rangkaian alat untuk penelitian menggunakan metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE) tersusun atas *ultrasonic cleaning bath*, perangkat refluks, dan pompa udara. Seperti terlihat pada Gambar 3.2, aliran udara dari pompa akan dilewatkan melalui *flowmeter* untuk mengetahui kecepatan alirannya. Pada penelitian ini digunakan indikator temperatur untuk mengetahui temperatur ekstraksi. Perangkat refluks tersusun atas labu alas bulat leher tiga sebagai kontainer bahan dan kondensor yang berfungsi sebagai sistem pendingin. Berikut ini adalah keterangan Gambar 3.2 :



Gambar 3.2. Skema alat *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction (AURE)*

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 1 = Labu alas datar leher tiga | 6 = <i>Flowmeter</i> |
| 2 = <i>Ultrasonic cleaning bath</i> | 7 = Indikator temperatur |
| 3 = Tombol mode | 8 = Kondensor |
| 4 = <i>Digital display</i> | 9 = Air masuk |
| 5 = Kompresor | 10 = Air keluar |

Ultrasonic cleaning bath yang digunakan untuk penelitian ini adalah KRISBOW model KW1801033 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Tegangan 240 V/ 50 Hz
- Daya 100 W
- Frekuensi maksimum 40 kHz
- Kapasitas tank 2,8 L
- Dimensi tank : Panjang = 23,5 cm, Lebar = 13,5 cm, dan Tinggi = 10 cm
- Dimensi *outer* : Panjang = 26,5 cm, Lebar = 16,5 cm, dan Tinggi = 24 cm

Pompa udara yang digunakan untuk penelitian ini adalah Melzer model V-777 memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- *Electric motor* : 1/5HP, 220 V, 50 Hz

- Maximum pressure : 43 psi
- Total weight : 12,5 lbs

Flowmeter yang digunakan untuk penelitian ini memiliki rentang antara 0,1 L/min sampai 1,5 L/min.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Prosedur Penelitian Metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE)

1. Menimbang bahan baku sesuai rasio bahan baku terhadap pelarut yang telah ditentukan.
2. Merangkai alat seperti seperti Gambar 3.1.
3. Memasukkan pelarut sebanyak 400 ml ke dalam labu alas datar leher dua.
4. Menyalakan *ultrasonic cleaning bath* pada frekuensi yang ditentukan hingga mencapai temperatur yang ditentukan.
5. Mengalirkan air pendingin untuk kondensor
6. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang ke dalam labu alas bulat leher dua.
7. Melakukan ekstraksi selama waktu yang telah ditentukan.
8. Menghentikan proses ekstraksi.
9. Melakukan penyaringan antara ekstrak dengan padatan sampel menggunakan sistem penyaring vakum.
10. Memanaskan ekstrak secara perlahan.
11. Menimbang padatan hasil ekstrak.

3.3.2 Prosedur Penelitian Metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE)

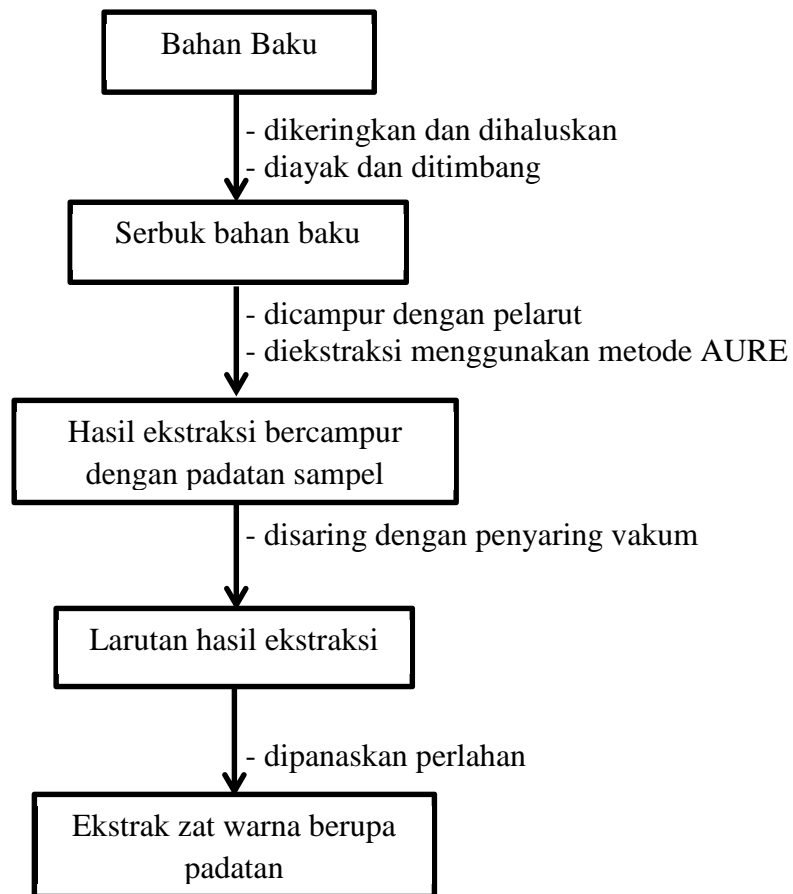
1. Menimbang bahan baku sesuai rasio bahan baku terhadap pelarut yang telah ditentukan.
2. Merangkai alat seperti seperti Gambar 3.2.
3. Memasukkan pelarut sebanyak 400 ml ke dalam labu alas datar leher tiga.
4. Menyalakan *ultrasonic cleaning bath* pada frekuensi yang ditentukan hingga mencapai temperatur yang ditentukan.

5. Mengalirkan udara dari pompa udara ke dalam labu alas bulat leher tiga dengan kecepatan aliran yang ditentukan.
6. Mengalirkan air pendingin untuk kondensor.
7. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang ke dalam labu alas bulat leher tiga.
8. Melakukan ekstraksi selama waktu yang telah ditentukan.
9. Menghentikan proses ekstraksi.
10. Melakukan penyaringan antara ekstrak dengan padatan sampel menggunakan sistem penyaring vakum.
11. Memanaskan ekstrak secara perlahan.
12. Menimbang padatan hasil ekstrak.

3.4 Diagram Alir Prosedur Penelitian



Gambar 3.3. Diagram alir prosedur penelitian metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE)



Gambar 3.4. Diagram alir prosedur penelitian metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE)

3.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian

3.5.1 Kondisi Operasi

1. Metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE)
 - Tekanan atmosferik
 - Volume pelarut aquades dan etanol 400 mL
2. Metode *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE)
 - Tekanan atmosferik
 - Volume pelarut aquades dan etanol 400 mL
 - Laju alir udara 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, dan 1.2 L/min

3.5.2 Variabel Penelitian

Variabel yang dilakukan pada penelitian ini meliputi :

- a. Metode ekstraksi : *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan *Air-Ultrasound assisted Reflux Extraction* (AURE).
- b. Frekuensi *ultrasonic cleaning bath* : 20 kHz dan 40 kHz.
- c. Rasio bahan baku terhadap pelarut : 0.05 g/mL, 0.10 g/mL, dan 0.15 g/mL.
- d. Konsentrasi pelarut etanol : 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%.
- e. Waktu ekstraksi : 20, 30, 40, dan 50 menit.
- f. Temperatur reaksi : 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C
- g. Kecepatan Aliran Udara : 0.1 L/min, 0.3 L/min, 0.6 L/min, 0.9 L/min, dan 1.2 L/min.

3.6 Besaran yang Diukur dan Analisa terhadap Ekstrak Zat Warna

Besaran dan analisa yang akan dilakukan terhadap ekstrak zat warna yang diperoleh meliputi :

1. Perhitungan %yield

$$\%yield = \frac{\text{berat padatan ekstrak zat warna}}{\text{berat bahan baku kering yang digunakan}} \times 100\%$$

2. Perhitungan %Recovery

$$\%Recovery = \frac{\text{yield hasil ekstraksi UAE}}{\text{yield hasil soxhletasi}} \times 100\%$$

3. Komposisi hasil ekstraksi zat warna alami kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dianalisa menggunakan GC-MS.
4. Hasil ekstraksi zat warna kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dianalisa secara kualitatif menggunakan spektrofotometer UV-Visible.
5. Hasil ekstraksi zat warna kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dianalisa secara kualitatif menggunakan reagen kimia untuk mengetahui kandungan flavonoid, tannin, dan kuinon.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Operasi Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni Menggunakan Metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE)

Pada penelitian ini digunakan gelombang ultrasonik untuk mengekstrak senyawa zat warna alami dari kayu mahoni. Sumber gelombang ultrasonik yang digunakan pada penelitian ini berasal dari *ultrasonic cleaning bath*. Gelombang ultrasonik digunakan untuk memberikan efek mekanik dan efek termal pada proses ekstraksi. Efek mekanik berupa gelembung kavitasi akan menyebabkan kerusakan dinding sel kayu mahoni. Efek termal berupa energi panas yang dihasilkan akibat adanya pemancaran gelombang ultrasonik akan terserap oleh jaringan tanaman dari kayu mahoni.

Pemilihan pelarut merupakan salah satu faktor yang penting dalam proses ekstraksi menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Aquades digunakan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni karena merupakan pelarut yang bersifat polar. Aquades mampu mengekstrak senyawa yang memiliki kepolaran rendah hingga tinggi. Untuk meminimalkan kehilangan pelarut selama proses ekstraksi dilakukan refluks pelarut. Pada penelitian ini juga dilakukan ekstraksi zat warna menggunakan pelarut etanol. Untuk mendapatkan hasil ekstraksi optimum, dilakukan variasi terhadap konsentrasi pelarut etanol.

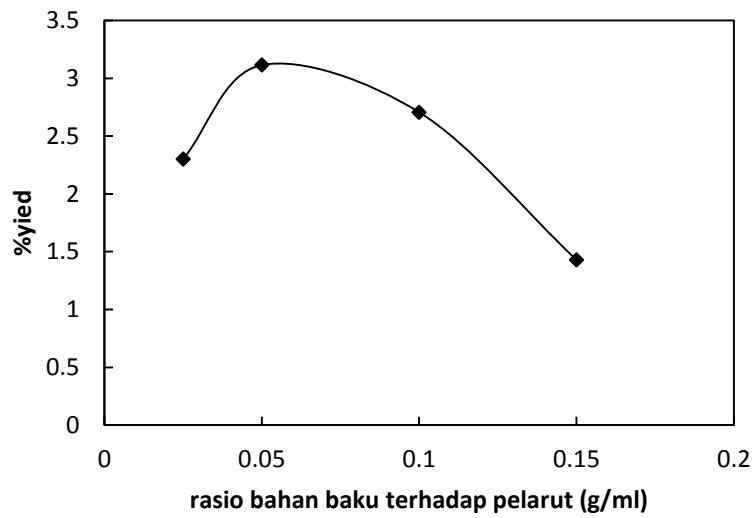
Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan penambahan aliran udara. Penambahan aliran udara bertujuan untuk meningkatkan proses ekstraksi zat warna alami. Bahan baku kayu mahoni dan kayu nangka yang digunakan pada penelitian ini berupa serbuk bekas gergaji yang diayak menggunakan ayakan ukuran 35 mesh. Luas permukaan bahan akan memberikan pengaruh terhadap laju ekstraksi. Ukuran bahan yang kecil akan memberikan luas permukaan yang besar sehingga meningkatkan proses ekstraksi zat warna ke dalam pelarut. Hasil ekstraksi dipisahkan dengan cara dipanaskan perlahan pada temperatur 80 °C untuk menghindari degradasi senyawaan zat warna.

4.2 Pengaruh Rasio Bahan Baku terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE

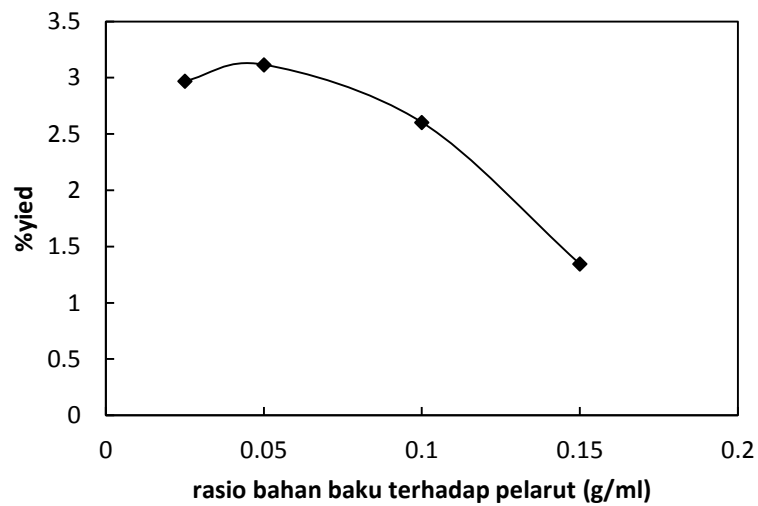
Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna alami dari bahan baku kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan pemaparan gelombang ultrasonik yang berasal dari *ultrasonic cleaning bath*. Ekstraksi zat warna alami menggunakan pelarut aquades dan frekuensi gelombang ultrasonik sebesar 40 KHz. Rasio yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0.025 g/mL, 0.05 g/mL, 0.10 g/mL, dan 0.15 g/mL. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dilakukan pada temperatur 50 °C dengan waktu ekstraksi selama 50 menit. Ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka dilakukan pada temperatur 60 °C dengan waktu ekstraksi selama 40 menit.

Berdasarkan hasil penelitian yang tersaji dalam Gambar 4.1 diketahui bahwa rasio optimum untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka yaitu 0.05 g/mL. Terjadi peningkatan hasil ekstraksi dari rasio 0.025 g/mL hingga 0.05 g/mL kemudian terjadi penurunan hasil ekstraksi seiring peningkatan rasio bahan baku. Peningkatan hasil ekstraksi terjadi karena peningkatan jumlah bahan baku dalam pelarut. Penurunan hasil ekstraksi pada rasio 0.10 g/mL dan 0.15 g/mL terjadi karena adanya peningkatan jumlah serbuk kayu mahoni sedangkan volume pelarut tetap, sehingga kemampuan aquades untuk melarutkan senyawa zat warna dari kayu mahoni dan kayu nangka menurun.

Peningkatan ratio bahan baku terhadap pelarut menyebabkan viskositas pelarut meningkat sehingga menghalangi pembentukan kavitasi. Efek kavitasi merupakan bagian terpenting pada metode *ultrasound assisted extraction* karena dapat merusak dinding sel tanaman sehingga meningkatkan kemampuan penetrasi pelarut ke dalam material tanaman untuk mengekstrak zat warna. Viskositas pelarut yang semakin besar akan meningkatkan gaya kohesif pelarut sehingga tekanan negatif pada daerah rarefraction mengalami penurunan mengakibatkan kavitasi sulit terbentuk (Maran, 2015).



(a)



(b)

Gambar 4.1. Pengaruh rasio bahan baku/pelarut (F/S) terhadap hasil ekstraksi zat warna alami dengan metode UAE pada frekuensi gelombang ultrasonic 40 kHz dan pelarut aquades (a) kayu mahoni selama 50 menit temperatur 50 °C (b) kayu nangka selama 40 menit temperatur 60 °C

4.3 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE

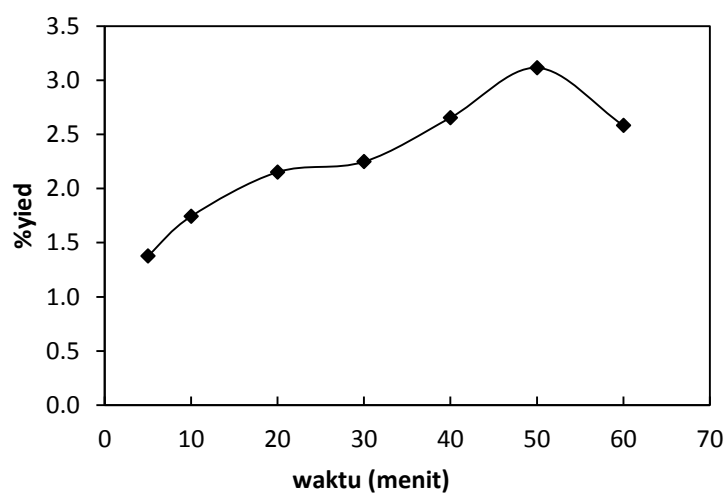
Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna alami dari bahan baku kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan pemaparan gelombang ultrasonik yang berasal dari *ultrasonic cleaning bath*. Ekstraksi zat warna alami menggunakan pelarut aquades dan frekuensi gelombang ultrasonik sebesar 40 KHz. Rasio yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0.05 g/mL. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dilakukan pada temperatur 50 °C dan ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka dilakukan pada temperatur 60 °C. Waktu ekstraksi dilakukan selama 5, 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit.

Berdasarkan Gambar 4.2 terjadi peningkatan hasil ekstraksi hingga mencapai kondisi optimum. Pada ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni, hasil ekstraksi optimum dicapai pada waktu ekstraksi 50 menit. Sedangkan ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka diperoleh hasil ekstraksi optimum pada waktu ekstraksi 40 menit. Peningkatan hasil ekstraksi disebabkan karena pada durasi awal pemaparan gelombang ultrasonik akan meningkatkan *swelling* dan hidrasi material padatan kayu mahoni maupun kayu nangka akibat adanya efek kavitasi. Efek kavitasi menginduksi terbentuknya mikrojet pada permukaan material yang dapat merusak material dan menyebabkan pelarut mudah berdifusi ke dalam matriks material kayu. Pada kondisi tersebut kemampuan pelarut untuk mengekstrak zat warna semakin meningkat sehingga %yield ekstrak zat warna semakin besar (Maran, 2015).

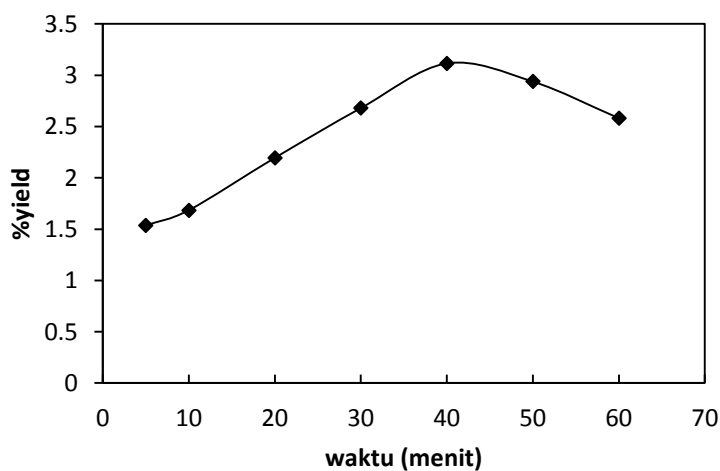
Setelah melewati waktu ekstraksi optimum akan terjadi penurunan hasil ekstraksi. Hal ini dikarenakan tercapai kondisi *equilibrium* antara konsentrasi zat warna dalam padatan kayu mahoni maupun kayu nangka dengan konsentrasi zat warna pada pelarut (*bulk solution*). Paparan gelombang ultrasonik yang melalui pelarut secara terus menerus akan menyebabkan destruksi struktur zat warna (Maran, 2015). Degradasi struktur zat warna tersebut diprediksi membentuk suatu senyawa yang mudah larut dalam pelarut aquades dan mudah menguap. Senyawa

hasil degradasi akan menguap bersama pelarut ketika melalui proses pengeringan (Ahn, 2014).

Hasil ekstraksi zat warna alami kayu mahoni diperoleh hasil optimum yaitu sebesar 3.1153% dengan %Recovery sebesar 64.2838%. Hasil ekstraksi zat warna alami kayu nangka diperoleh hasil optimum sebesar 3.1157% dengan %Recovery sebesar 71.2121%.



(a)



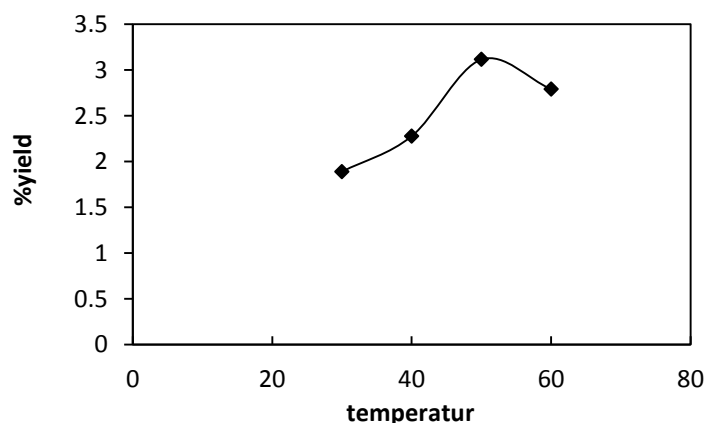
(b)

Gambar 4.2. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap hasil ekstraksi zat warna alami dengan metode UAE pada rasio 0.05 g/mL, frekuensi gelombang ultrasonic 40 kHz, dan pelarut aquades (a) kayu mahoni pada 50 °C (b) kayu nangka pada 60 °C

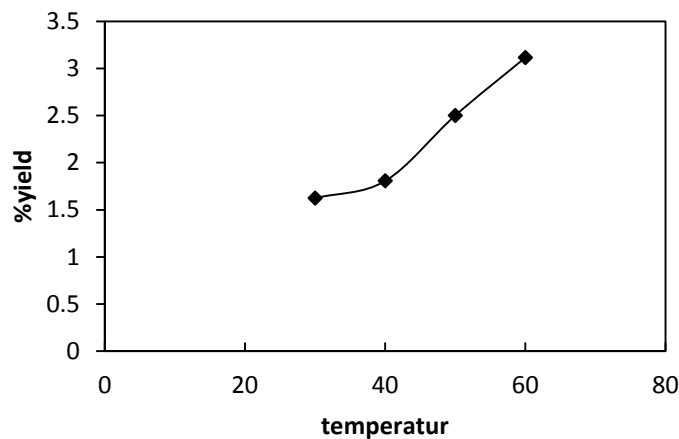
4.4 Pengaruh Temperatur Ekstraksi terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna alami dari bahan baku kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan pemaparan gelombang ultrasonik yang berasal dari *ultrasonic cleaning bath*. Ekstraksi zat warna alami menggunakan pelarut aquades dan frekuensi gelombang ultrasonik sebesar 40 KHz. Rasio yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0.05 g/mL. Waktu ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka berturut – turut yaitu 50 menit dan 40 menit. Variasi temperatur ekstraksi yaitu 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C.

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menghasilkan hasil ekstraksi terbesar berturut – turut pada temperatur 50 °C dan 60 °C. Temperatur ekstraksi memiliki pengaruh yang besar pada proses UAE. Peningkatan temperatur mempengaruhi penurunan viskositas dan tegangan permukaan pelarut sehingga dapat menurunkan nilai ambang kavitasi. Nilai ambang kavitasi yang semakin rendah menyebabkan gelembung kavitasi lebih mudah terbentuk. Pemecahan gelembung kavitasi dapat menyebabkan dinding sel tanaman mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut mengakibatkan pelarut semakin mudah berdifusi ke dalam matriks tanaman dan mengekstrak zat warna sehingga hasil ekstrak meningkat (Mason, 2004).



(a)



(b)

Gambar 4.3. Pengaruh temperatur ekstraksi terhadap hasil ekstraksi zat warna alami dengan menggunakan metode UAE pada rasio 0.05 g/mL, frekuensi gelombang ultrasonic 40 kHz, pelarut aquades (a) kayu mahoni selama 50 menit (b) kayu nangka selama 40 menit

4.5 Pengaruh Variasi Konsentrasi Pelarut Etanol terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna alami dari bahan baku kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan pemaparan gelombang ultrasonik yang berasal dari *ultrasonic cleaning bath* dengan frekuensi sebesar 40 KHz. Rasio yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0.05 g/mL. Waktu ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka berturut – turut yaitu 50 menit dan 40 menit. Temperatur ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka berturut – turut yaitu 50 °C dan 60 °C. Pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi yaitu etanol dengan variasi konsentrasi 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%.

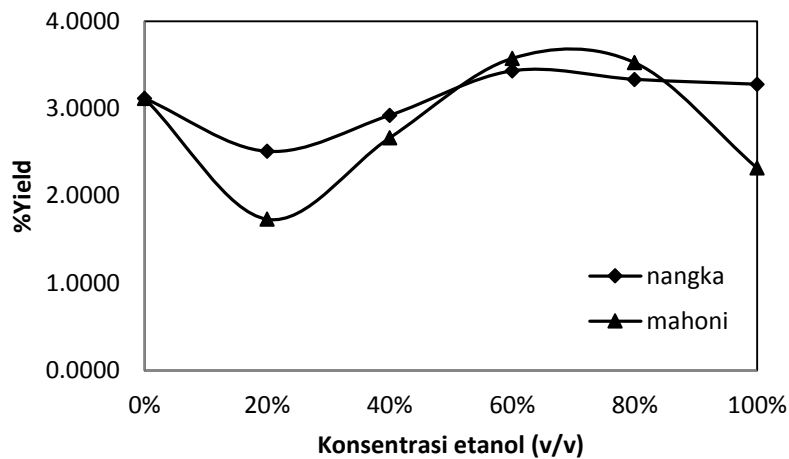
Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa ekstraksi zat warna dari kayu mahoni dan kayu nangka mencapai hasil optimum pada pelarut etanol 60%. Pelarut pada proses UAE juga bertindak sebagai medium rambatan gelombang

ultrasonik. Gelombang ultrasonik akan menginduksi terjadinya fenomena kavitasi yang berperan dalam proses ekstraksi zat warna. Viskositas pelarut dapat mempengaruhi pembentukan kavitasi. Viskositas suatu pelarut berbanding lurus terhadap peningkatan konsentrasi. Viskositas atau kekental yang besar akan menghambat pembentukan kavitasi sehingga hasil ekstraksi menurun (Mason, 2004). Oleh karena itu, terjadi penurunan %yield ekstrak dari konsentrasi etanol 60% hingga 100%.

Peningkatan hasil ekstraksi pada pelarut etanol 20% hingga 60% terjadi karena adanya kadungan air pada pelarut sehingga meningkatkan *swelling* material kayu mahoni dan kayu nangka. Adanya *swelling* material dapat meningkatkan area kontak antara matriks tanaman dengan pelarut sehingga dapat meningkatkan hasil ekstraksi (Huang, 2009).

Perubahan polaritas pelarut mempengaruhi hasil ekstraksi zat warna dari kayu mahoni dan kayu nangka. Pelarut aquades (etanol 0%) memiliki kepolaran yang besar dengan indeks kepolaran 9.0 sedangkan etanol 20% memiliki indeks kepolaran 8.2. Penurunan polaritas dapat mempengaruhi kemampuan pelarut untuk mengekstrak zat warna. Sesuai prinsip *like dissolved like*, senyawa zat warna alami lebih mudah terekstraksi apabila memiliki kecocokan terhadap pelarut yang digunakan pada proses ekstraksi. Berdasarkan hasil analisa GC-MS diketahui bahwa prediksi senyawa zat warna merupakan senyawa organik yang bersifat polar. Hasil ekstraksi mengalami peningkatan seiring peningkatan konsentrasi etanol (Tang, 2005).

Pada penggunaan etanol 60% diketahui memiliki indeks kepolaran antara 7.1 – 6.2, meskipun nilai kepolaran lebih rendah daripada aquades tetapi hasil ekstraksi zat warna alami yang diperoleh lebih besar daripada hasil ekstraksi menggunakan pelarut aquades. Hasil analisa GC-MS menunjukkan bahwa senyawa prediksi memiliki nilai logP (*partition coefficient*) pada kisaran 1.78 – 4.0. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka mengandung senyawa yang bersifat *lipophilic*. Senyawa *lipophilic* sukar larut dalam pelarut polar dan akan mudah larut dengan pelarut yang memiliki tingkat kepolaran sama atau mendekati tingkat kepolaran senyawa tersebut.



Gambar 4.4. Pengaruh konsentrasi etanol terhadap hasil ekstraksi zat warna alami menggunakan metode UAE

Tabel 4.1 menunjukkan perbandingan hasil ekstraksi zat warna dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan pelarut aquades dan pelarut etanol 60 %. Terjadi peningkatan %yield zat warna kayu mahoni sebesar 14.7369% dan zat warna dari kayu nangka sebesar 10.1069%. Penggunaan pelarut etanol 60% memberikan %Recovery untuk ekstrak mahoni dan nangka berturut – turut sebesar 73.7561% dan 78.4092% (Rouhani, 2009).

Tabel 4.1. Perbandingan hasil ekstraksi zat warna dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan pelarut aquades dan pelarut etanol 60 %

Bahan baku	%Yield		% peningkatan
	Aquades	Etanol 60%	
Mahoni	3.1153	3.5744	14.7369
Nangka	3.1157	3.4306	10.1069

4.6 Pengaruh Frekuensi Gelombang Ultrasonik terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Ekstraksi dilakukan menggunakan *ultrasonic cleaning bath* dengan frekuensi 20 kHz dan 40 kHz. Ekstraksi zat warna dilakukan menggunakan pelarut etanol

dengan konsentrasi (v/v) sebesar 60%. Rasio antara bahan baku dengan pelarut yaitu 0.05 g/ml. Ekstraksi zat warna dilakukan pada temperatur 40 °C dan waktu ekstraksi selama 20 menit.

Tabel 4.2. Perbandingan hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka pada variasi frekuensi 20 kHz dan 40 kHz

Bahan baku	%Yield		%peningkatan
	20 kHz	40 kHz	
Kayu mahoni	2.9012	2.9595	2.0114
Kayu nangka	2.2994	2.4699	7.4171

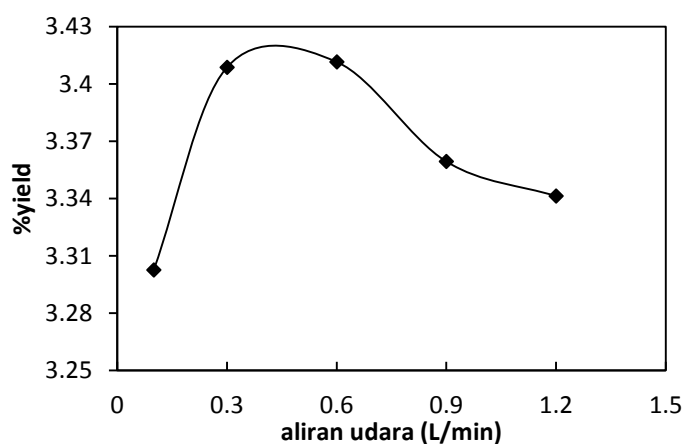
Pada Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa variasi frekuensi gelombang ultrasonik dapat mempengaruhi hasil ekstrak zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka. Terjadi peningkatan hasil ekstraksi zat warna alami kayu mahoni sebesar 2.0114% dan untuk zat warna dari kayu nangka terjadi peningkatan sebesar 7.4171%. Pemecahan gelembung kavitasi dipengaruhi oleh frekuensi gelombang ultrasonik. Peningkatan frekuensi gelombang ultrasonik berbanding terbalik dengan ukuran gelembung kavitasi. Semakin besar frekuensi gelombang ultrasonik maka ukuran gelembung kavitasi semakin kecil sehingga waktu pemecahan gelembung lebih cepat. Temperatur pemecahan gelembung kavitasi akan meningkat seiring peningkatan frekuensi gelombang ultrasonik. Efek termal yang dihasilkan akibat adanya peningkatan temperatur tersebut berperan dalam proses perusakan dinding sel tanaman sehingga dapat meningkatkan hasil ekstraksi (Mason, 2004).

4.7 Pengaruh Aliran Udara terhadap Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka menggunakan Metode UAE

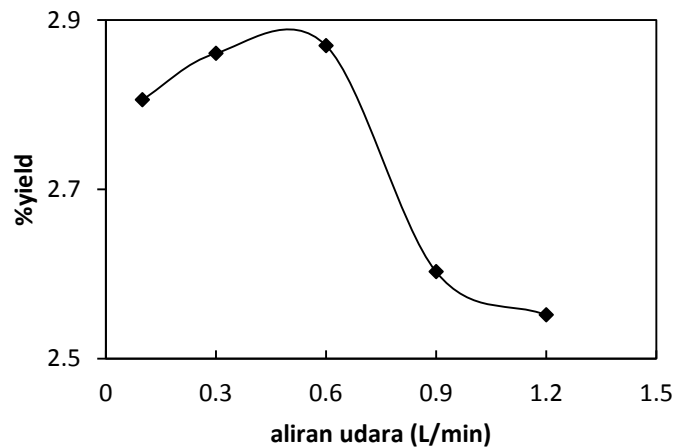
Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna alami dari bahan baku kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode ultrasound assisted extraction (UAE) yang dimodifikasi dengan penambahan aliran udara. Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan pemaparan gelombang ultrasonik yang berasal dari ultrasonic cleaning bath dengan frekuensi sebesar 40 KHz. Rasio yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0.05 g/mL. Waktu ekstraksi zat warna alami dari kayu

mahoni dan kayu nangka berturut – turut yaitu 50 menit dan 40 menit. Temperatur ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka berturut – turut yaitu 50 °C dan 60 °C. Pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi yaitu etanol 60%. Variasi laju alir udara yaitu 0.1 L/min, 0.3 L/min, 0.6 L/min, 0.9 L/min, dan 1.2 L/min.

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui bahwa penambahan aliran udara dalam proses ekstraksi zat warna alami menggunakan metode UAE dapat meningkatkan hasil ekstraksi. Peningkatan hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka mencapai optimum pada laju alir 0.6 L/min. Aliran udara yang ditambahkan dalam proses ekstraksi zat warna menggunakan gelombang ultrasonik dapat berperan sebagai inti gelembung yang dapat menginduksi kavitasi dan menurunkan nilai ambang kavitasi. Peningkatan aliran udara akan mengakibatkan peningkatan kecepatan pembentukan kavitasi. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan pemecahan gelembung kavitasi sehingga proses ekstraksi zat warna alami dapat mengalami peningkatan hasil ekstraksi. Namun, penambahan aliran udara yang lebih besar dapat menurunkan hasil ekstraksi. Kondisi ini terjadi karena penambahan aliran udara dalam jumlah besar dapat menurunkan temperatur larutan sehingga mengurangi efek termal yang ditimbulkan oleh paparan gelombang ultrasonik (Rostagno, 2013).



(a)



(b)

Gambar 4.5. Pengaruh aliran udara terhadap hasil ekstraksi zat warna alami dengan metode AURE (a) mahoni, (b) nangka

4.8 Kinetika ekstraksi

4.8.1 Kinetika Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dengan Metode UAE

Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni menggunakan metode UAE dilakukan dengan menggunakan dua macam pelarut yaitu aquades dan etanol 60%. Modifikasi metode UAE dengan penambahan aliran udara dilakukan dengan laju alir sebesar 0.6 L/min. Untuk mengetahui efektivitas proses ekstraksi maka dilakukan penentuan kinetika ekstraksi. Penentuan kinetika ekstraksi dilakukan dengan cara *plotting* grafik dan pencocokan terhadap model kinetika orde satu dan kinetika model Peleg.

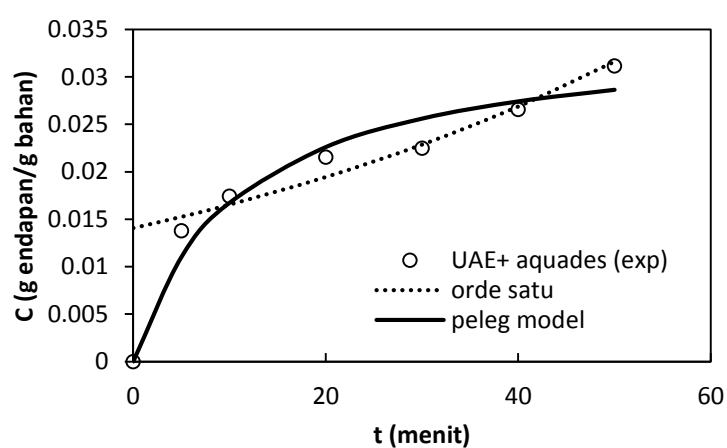
Berdasarkan persamaan kinetika orde satu dan model Peleg diperoleh nilai konstanta laju ekstraksi seperti tersaji pada tabel 4.3. Konstanta laju ekstraksi orde satu dinyatakan dalam nilai k . Model Peleg memiliki dua konstanta yaitu k_1 dan k_2 . Nilai k_1 menyatakan ekstraksi maksimal yang terjadi pada awal proses yaitu pada $t = 0$, sedangkan nilai k_2 menyatakan hasil ekstraksi maksimal pada kondisi ekstraksi yang digunakan.

Berdasarkan persamaan orde satu dan model Peleg maka dapat ditentukan kadar hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni. Pada Gambar 4.6 dapat diketahui kecocokan nilai kadar hasil ekstraksi perhitungan model kinetika

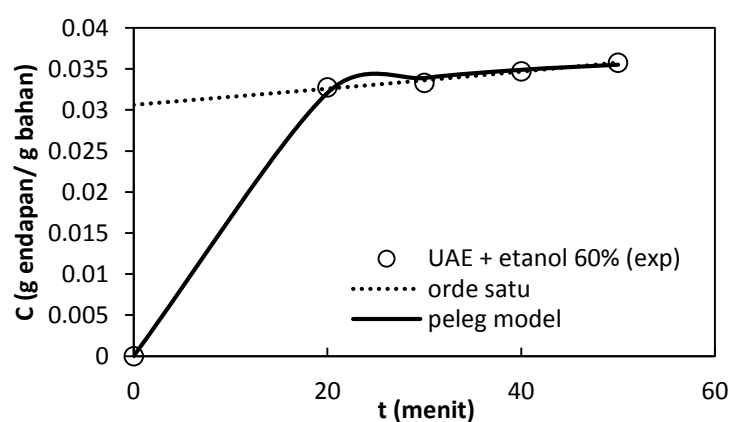
dibandingkan dengan kadar hasil ekstraksi hasil penelitian. Perhitungan kadar hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni menggunakan model Peleg menghasilkan grafik yang mendekati hasil penelitian.

Tabel 4.3. Kinetika orde satu dan model Peleg ekstraksi mahoni

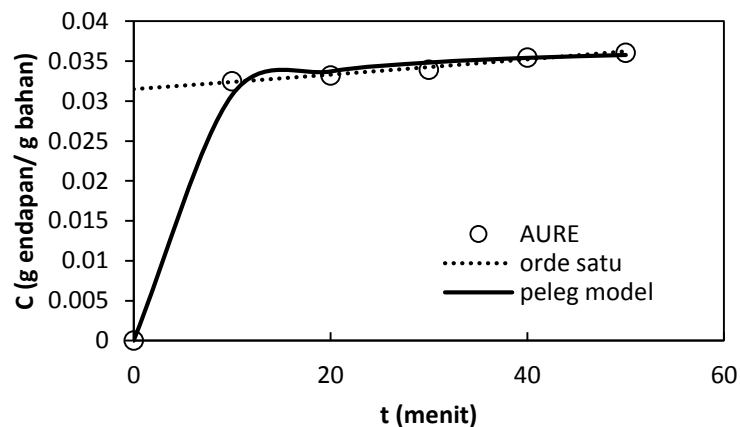
Metode Ekstraksi	Konstanta Kinetika		
	Orde satu (k)	Model Peleg	
		k_1	k_2
UAE + aquades	0.0162	0.003218	0.034857
UAE + etanol 60%	0.0031	0.009919	0.038244
UAE + udara	0.0028	0.01751	0.03727



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.6. Perbandingan kadar hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni (a) Metode UAE dengan pelarut aquades, (b) Metode UAE dengan pelarut etanol 60%, (c) Metode AURE dengan pelarut etanol 60%

Perbandingan konstanta kecepatan ekstraksi Peleg (k_I) menunjukkan bahwa metode UAE dengan aliran udara (AURE) memberikan nilai k_I tertinggi yaitu sebesar 0.0175. Hal ini memberikan informasi bahwa penambahan aliran udara pada metode UAE dapat meningkatkan kecepatan ekstraksi. Penggunaan pelarut etanol 60% juga memberikan efek peningkatan konstanta laju ekstraksi dibandingkan dengan penggunaan pelarut aquades. Nilai k_I untuk metode UAE menggunakan pelarut etanol 60% yaitu sebesar 0.009919.

4.8.2 Kinetika Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Nangka dengan Metode UAE

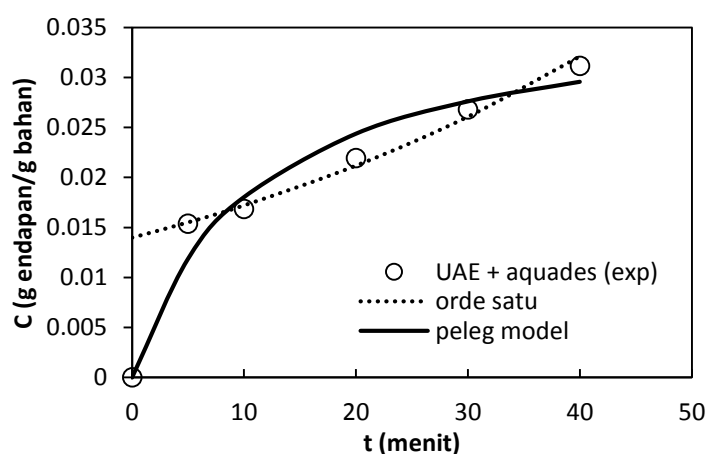
Ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka menggunakan metode UAE dilakukan dengan menggunakan dua macam pelarut yaitu aquades dan etanol 60%. Modifikasi metode UAE dengan penambahan aliran udara dilakukan dengan laju alir sebesar 0.6 L/min. Untuk mengetahui efektivitas proses ekstraksi maka dilakukan penentuan kinetika ekstraksi. Penentuan kinetika ekstraksi dilakukan dengan cara *plotting* grafik dan pencocokan terhadap model kinetika orde satu dan kinetika model Peleg.

Pada tabel 4.4 tersaji nilai konstanta laju ekstraksi dari persamaan kinetika orde satu dan model Peleg. Konstanta laju ekstraksi orde satu dinyatakan dalam nilai k . Model Peleg memiliki dua konstanta yaitu k_1 dan k_2 . Nilai k_1 menyatakan ekstraksi maksimal yang terjadi pada awal proses yaitu pada $t = 0$, sedangkan nilai k_2 menyatakan hasil ekstraksi maksimal pada kondisi ekstraksi yang digunakan.

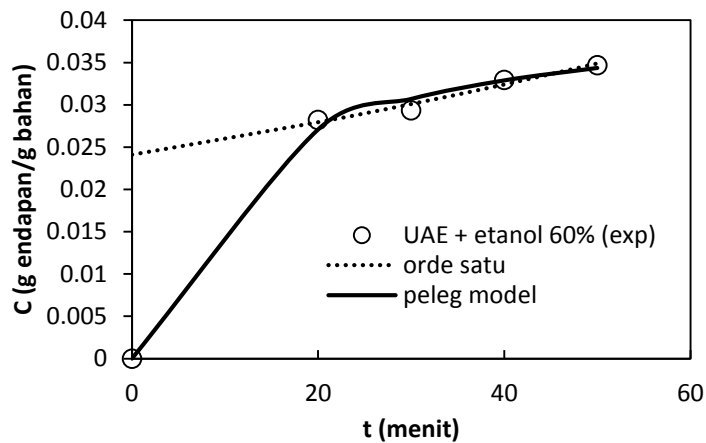
Tabel 4.4. Kinetika orde satu dan model Peleg ekstraksi nangka

Metode Ekstraksi	Konstanta Kinetika		
	Orde satu (k)	Model Peleg	
		k_1	k_2
UAE + aquades	0.0208	0.003471	0.037587
UAE + etanol 60%	0.0074	0.003835	0.04186
UAE + udara	0.0047	0.009499	0.031891

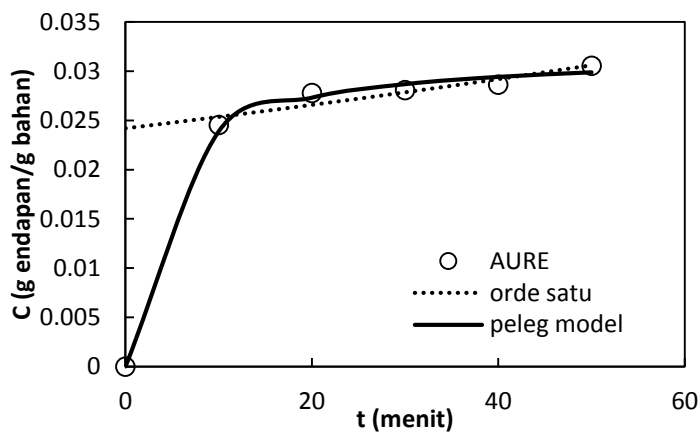
Berdasarkan persamaan orde satu dan model Peleg maka dapat ditentukan kadar hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka. Pada Gambar 4.7 dapat diketahui kecocokan nilai kadar hasil ekstraksi perhitungan model kinetika dibandingkan dengan kadar hasil ekstraksi hasil penelitian. Perhitungan kadar hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka menggunakan model Peleg menghasilkan grafik yang mendekati hasil penelitian.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.7. Perbandingan kadar hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka (a) Metode UAE dengan pelarut aquades, (b) Metode UAE dengan pelarut etanol 60%, (c) Metode AURE dengan pelarut etanol 60%

Perbandingan nilai konstanta laju ekstraksi model Peleg (k_I) menunjukkan bahwa modifikasi metode UAE dengan penambahan aliran udara (AURE) memberikan nilai k_I sebesar 0.009499. Nilai k_I tersebut menunjukkan bahwa penambahan aliran udara dapat meningkatkan laju ekstraksi nangka. Penggunaan pelarut etanol 60% dapat meningkatkan nilai k_I ekstraksi nangka. Nilai k_I metode UAE dengan pelarut etanol 60% yaitu sebesar 0.003835.

4.9 Pemodelan Statistika *Response Surface Methodology* (RSM)

4.9.1 Pemodelan Statistika RSM Pada Ekstraksi Zat Warna Alami Kayu Mahoni dengan Metode UAE

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan statistika menggunakan *Response Surface methodology* (RSM) yang bertujuan untuk mengetahui variable atau faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni menggunakan metode UAE. Selain itu, model statistika tersebut dapat digunakan untuk memprediksi hasil ekstraksi zat warna alami menggunakan metode UAE melalui persamaan matematika. Metode RSM yang digunakan pada penelitian ini adalah *central composite design* (CCD).

Pemodelan statistika RSM terhadap data – data penelitian menghasilkan nilai seperti tersaji dalam tabel 4.5. Persamaan matematika untuk pemodelan ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni menggunakan metode UAE tersaji pada persamaan 4.1 berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{Yield} = & 2.45752 - 0.42899A + 0.039420B + 0.051173C - 0.27885AB \\ & - 0.019975AC + 8.8000 \times 10^{-3}BC - 0.23384A^2 - 0.13921B^2 \\ & + 0.025898C^2 \end{aligned}$$

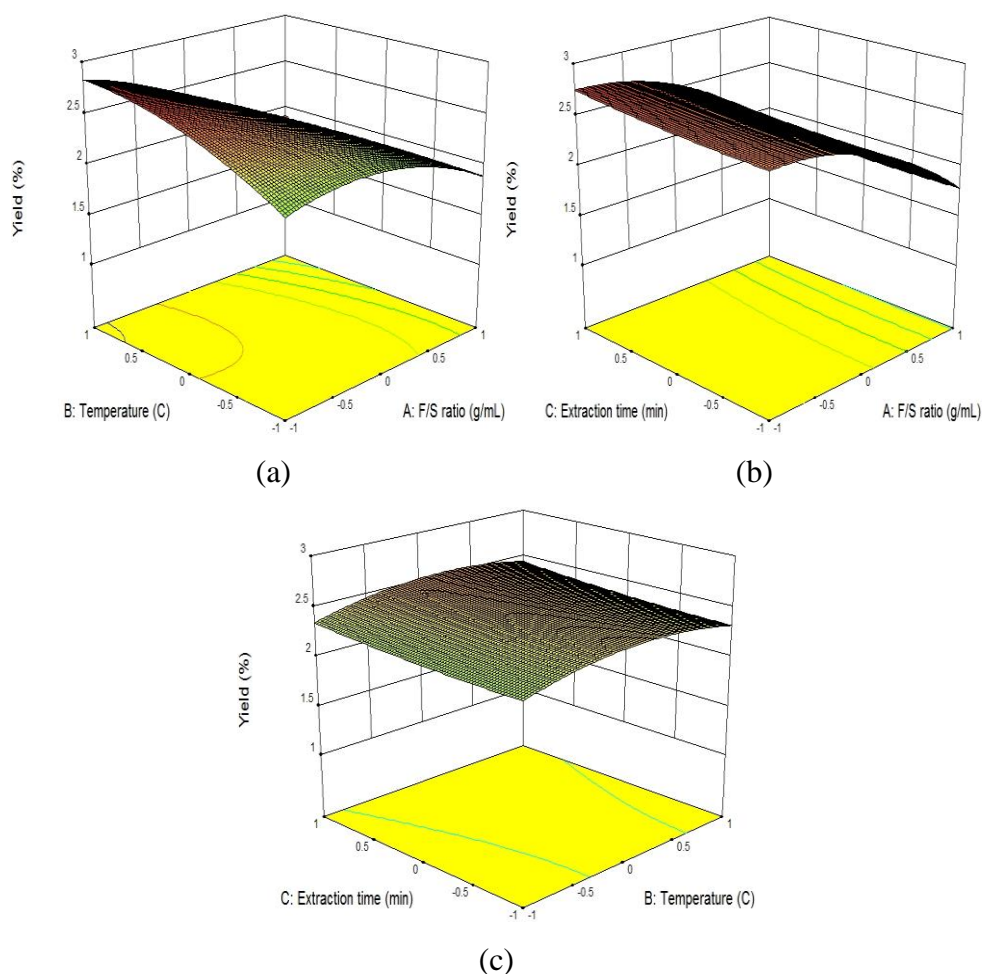
pada persamaan tersebut, huruf A, B, dan C berturut – turut menyatakan rasio bahan baku, temperatur ekstraksi, dan waktu ekstraksi.

Tabel 4.5. ANOVA ekstraksi kayu mahoni model RSM dengan metode CCD

Surface	Sum of square	df	Mean square	F value	P-value Prob > F
Model	4.23	9	0.47	17.15	< 0.0001
A-F/S ratio	2.51	1	2.51	91.66	< 0.0001
B-Temperature	0.021	1	0.021	0.77	0.3996
C-Time extraction	0.036	1	0.036	1.30	0.2801
AB	0.62	1	0.62	22.69	0.0008
AC	3.192E-003	1	3.192E-003	0.12	0.7400
BC	6.195E-004	1	6.195E-004	0.023	0.8835
A ²	0.79	1	0.79	28.74	0.0003
B ²	0.28	1	0.28	10.19	0.0096
C ²	9.666E-003	1	9.666E-003	0.35	0.5659
Residual	0.27	10	0.027		

Lack of fit	0.27	5	0.55		
Pure error	0.000	5	0.000		
Cor total	4.51	19			

Berdasarkan tabel 4.5 diketahui bahwa variabel rasio bahan baku memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil ekstraksi zat warna alami kayu mahoni menggunakan metode UAE. Penentuan yield ekstraksi menggunakan persamaan CCD memiliki P-value kurang dari 0.0001. Hal ini menunjukkan bahwa *yield* model signifikan terhadap *yield* penelitian dengan nilai R^2 sebesar 0.9392. Melalui perhitungan menggunakan persamaan 4.1 dapat diperoleh nilai *yield* model yang selanjutnya dapat disajikan dalam bentuk grafik 3D seperti Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Response surface plot ekstraksi zat warna alami kayu mahoni dengan metode UAE (a) rasio bahan baku terhadap temperatur, (b) rasio bahan baku terhadap waktu ekstraksi, (c) waktu ekstraksi terhadap temperatur

4.9.2 Pemodelan Statistika RSM Pada Ekstraksi Zat Warna Alami Kayu Nangka dengan Metode UAE

Model statistika yang digunakan pada data – data penelitian ekstraksi zat warna alami kayu nangka dengan metode UAE yaitu *response surface methodology* (RSM). Metode RSM yang digunakan pada penelitian ini adalah *central composite design* (CCD). Pemodelan statistika RSM terhadap data – data penelitian menghasilkan nilai seperti tersaji dalam tabel 4.6.

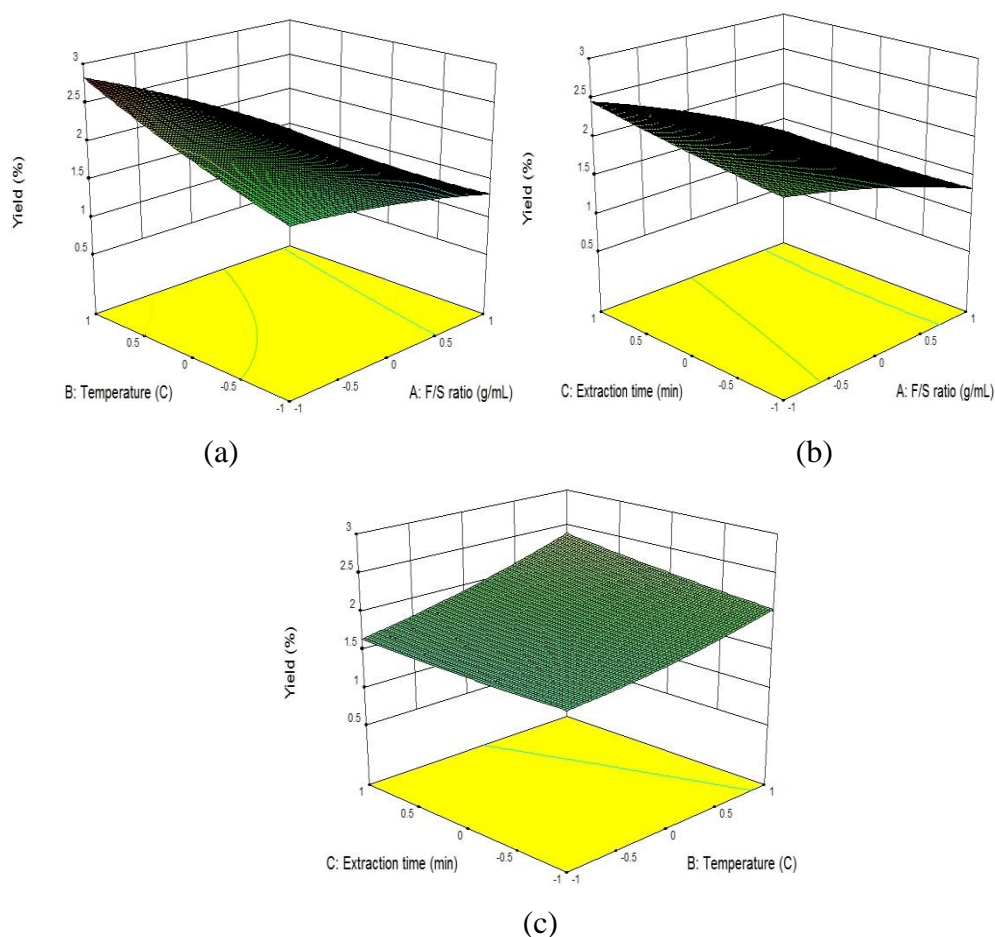
Tabel 4.6. ANOVA ekstraksi kayu nangka model RSM dengan metode CCD

Surface	Sum of square	df	Mean square	F value	P-value Prob > F
Model	4.86	9	0.54	16.11	< 0.0001
A-F/S ratio	3.01	1	3.01	89.77	< 0.0001
B-Temperature	1.09	1	1.09	32.53	0.0002
C-Time extraction	0.11	1	0.11	3.23	0.1027
AB	0.40	1	0.40	12.03	0.0060
AC	0.066	1	0.066	1.96	0.1918
BC	0.056	1	0.056	1.66	0.2265
A ²	0.053	1	0.053	1.60	0.2351
B ²	0.053	1	0.053	1.60	0.2350
C ²	9.090E-003	1	9.090E-003	0.27	0.6141
Residual	0.33	10	0.033		
Lack of fit	0.33	5	0.067		
Pure error	0.000	5	0.000		
Cor total	5.19	19			

Berdasarkan tabel 4.6 diketahui bahwa variabel rasio bahan baku memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil ekstraksi zat warna alami kayu nangka menggunakan metode UAE karena memiliki P-value kurang dari 0.0001. Penentuan *yield* ekstraksi menggunakan persamaan CCD memiliki P-value kurang dari 0.0001. Hal ini menunjukkan bahwa *yield* model signifikan terhadap *yield* penelitian. Penggunaan model statistika CCD memberikan persamaan untuk menghitung *yield* seperti persamaan 4.2 berikut :

$$\begin{aligned}
 Yield = & 1.84194 - 0.46915A + 0.28242B + 0.088944C - 0.22437AB \\
 & - 0.090575AC + 0.083375BC - 0.060898A^2 + 0.060919B^2 \\
 & + 0.025086C^2
 \end{aligned}$$

pada persamaan tersebut, huruf A, B, dan C berturut – turut menyatakan rasio bahan baku, temperatur ekstraksi, dan waktu ekstraksi. *Yield* ekstraksi hasil perhitungan menggunakan persamaan 4.2 disajikan dalam bentuk grafik 3D pada gambar 4.9. *yield* model signifikan terhadap *yield* penelitian dengan nilai R^2 sebesar 0.9355.



Gambar 4.9. Response surface plot ekstraksi zat warna alami kayu nangka dengan metode UAE (a) rasio bahan baku terhadap temperatur, (b) rasio bahan baku terhadap waktu ekstraksi, (c) waktu ekstraksi terhadap temperatur

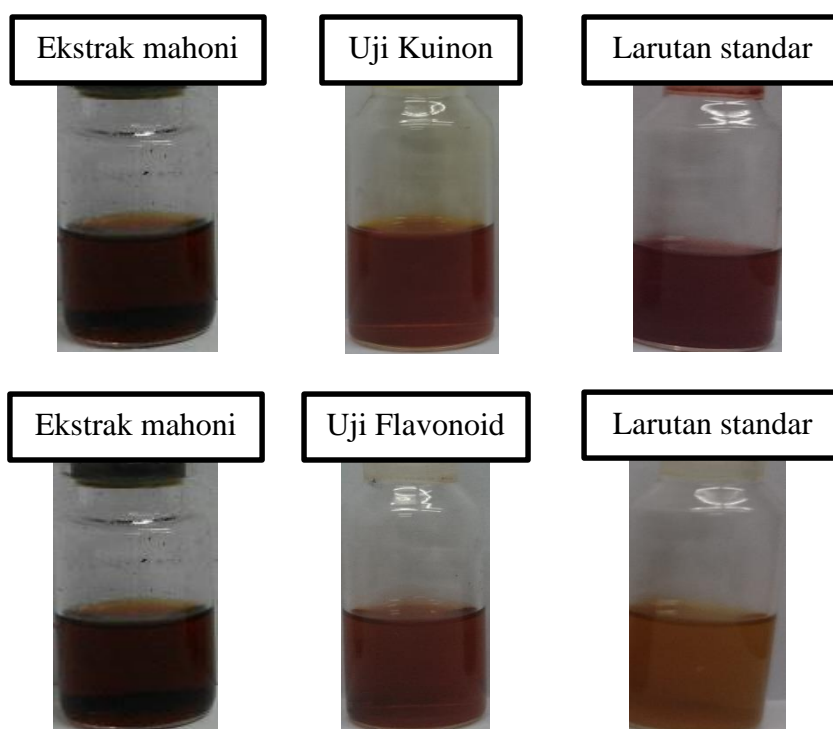
4.10 Uji Kualitatif Ekstrak Zat Warna Alami Mahoni dan Nangka

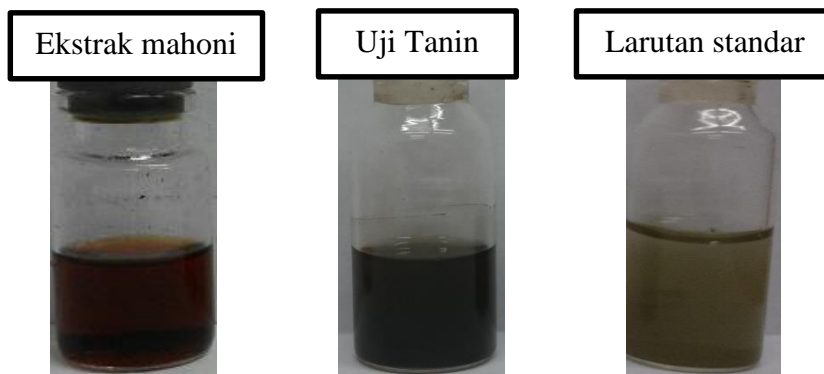
Pengujian kualitatif bertujuan untuk memprediksi senyawa zat warna hasil ekstraksi dari kayu mahoni dan kayu nangka. Pengujian kualitatif dilakukan dengan menambahkan suatu reagen pengenal ke dalam larutan zat warna. Reagen pengenal untuk senyawa flavonoid yaitu logam magnesium dan asam klorida

(HCl). Reagen pengenal untuk senyawa tanin yaitu besi (III) klorida (FeCl_3). Reagen pengenal untuk senyawa kuinon yaitu NaOH 1%.

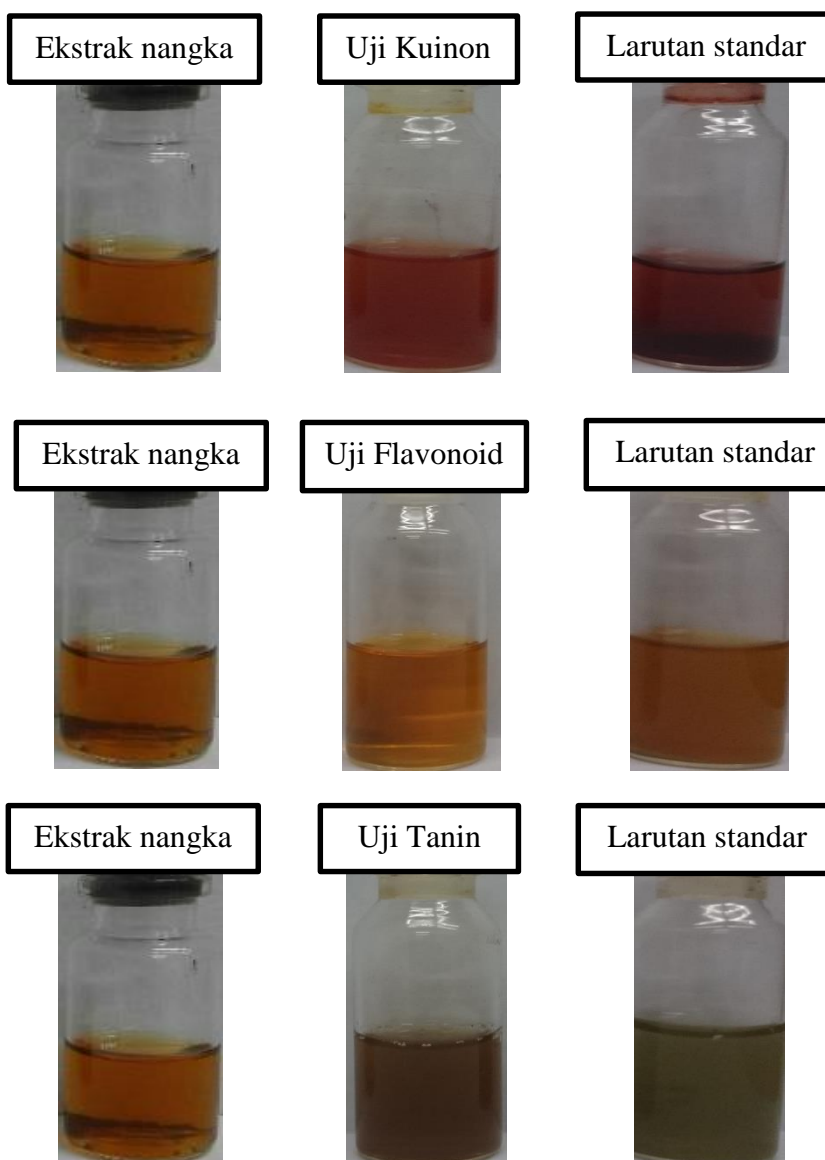
Hasil uji kualitatif zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka tersaji dalam gambar 4.10 dan gambar 4.11. Hasil pengujian senyawa flavonoid pada sampel zat warna mahoni menunjukkan adanya perubahan warna merah. Perubahan warna tersebut mengindikasikan adanya senyawa flavonoid. Pada ekstrak nangka terbentuk perubahan warna jingga. Perubahan warna tersebut mengindikasikan terdapat kandungan flavonoid. Logam magnesium dan asam klorida akan bereaksi dengan substituent yang terdapat pada cincin A maupun cincin B dari struktur flavonoid. Keberadaan substituent $-\text{OH}$ dan $-\text{OCH}_3$ akan memberikan perubahan warna merah yang lebih tajam.

Uji kualitatif kuinon terhadap ekstrak mahoni dan ekstrak nangka menunjukkan perubahan warna menjadi merah. Perubahan ini mengindikasikan adanya kandungan kuinon dalam ekstrak. Uji kualitatif tannin terhadap ekstrak zat warna mahoni dan nangka menunjukkan perubahan warna hijau kehitaman. Hal ini mengindikasikan adanya kandungan tannin dalam ekstrak. Perubahan warna pada ekstrak mendekati warna yang dihasilkan oleh larutan standar. Larutan standar untuk uji kualitatif tanin yaitu asam tannic.





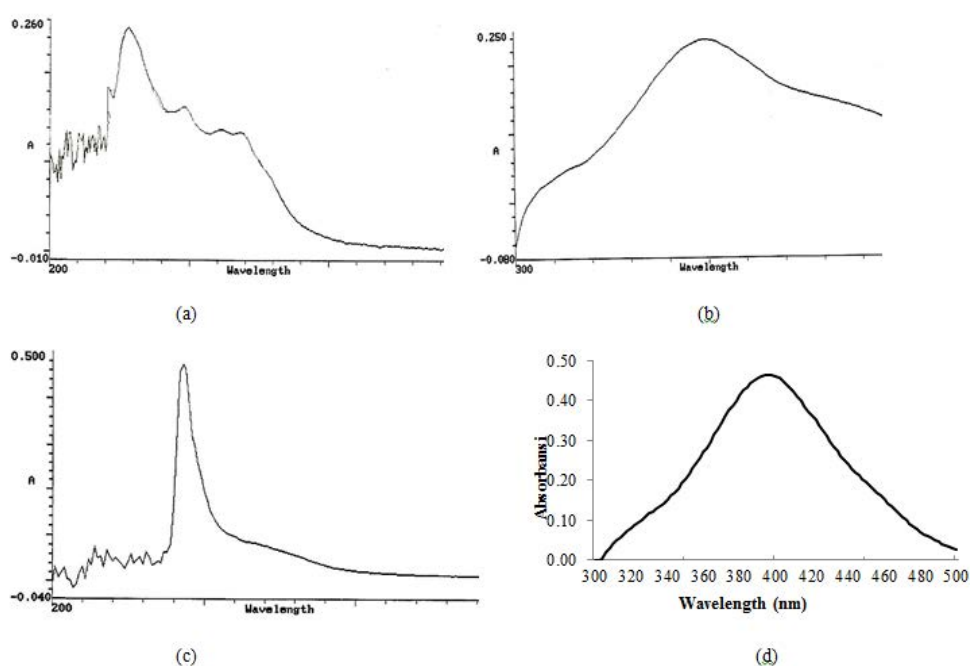
Gambar 4.10. Uji kualitatif ekstrak zat warna alami kayu mahoni



Gambar 4.11. Uji kualitatif ekstrak zat warna alami kayu nangka

4.11 Uji Kualitatif Spektrofotometer Ultraviolet – Visible

Uji kualitatif menggunakan spektrofotometer ultraviolet – visible dilakukan dengan cara melakukan pengujian zat warna alami kayu mahoni dan kayu nangka pada kisaran panjang gelombang ultraviolet – visible yaitu 200 – 700 nm. Pewarna tekstil sintetis digunakan sebagai pembanding hasil uji kualitatif spektrofotometer ultraviolet – visible. Pada gambar 4.12 disajikan kurva serapan zat warna alami dan pewarna tekstil sintetis. Uji kualitatif spektrofotometer UV–visible yang dilakukan terhadap ekstrak mahoni dan ekstrak nangka berturut – turut memberikan serapan optimum pada panjang gelombang 312 nm dan 286 nm.



Gambar 4.12. Kurva serapan spektrofotometer UV-visible (a) Ekstrak mahoni, (b) Pewarna tekstil sintetis coklat drill, (c) Ekstrak nangka, dan (d) Pewarna tekstil sintetis kuning podang

Kurva serapan ekstrak mahoni menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang 210 nm yang mengindikasikan kromofor $C=O$ sebagai gugus karboksilat. Terdapat serapan pada panjang gelombang 270 nm yang mengindikasikan adanya serapan $C=O$ sebagai gugus keton. Serapan pada panjang gelombang 227 nm dan 380 nm mengindikasikan kromofor $C=C=O$. Serapan pada panjang gelombang 235 nm mengindikasikan adanya kromofor $C - S$.

Serapan pada 285 nm mengindikasikan adanya gugus benzena. Kurva serapan ekstrak nangka menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang 278 nm mengindikasikan adanya kromofor C=O keton. Serapan pada panjang gelombang 228 nm mengindikasikan kromofor C=C=O.

Kurva serapan pewarna tekstil menunjukkan satu puncak serapan pada daerah sinar tampak (visible). Pewarna sintetis coklat drill menunjukkan serapan optimum pada panjang gelombang 400 nm. Pewarna sintetis kuning podang menunjukkan serapan optimum pada panjang gelombang 396 nm. Serapan optimum pada panjang gelombang tersebut menunjukkan bahwa larutan zat warna sintetis menyerap sinar violet sehingga warna komplementer yang tampak adalah warna kuning.

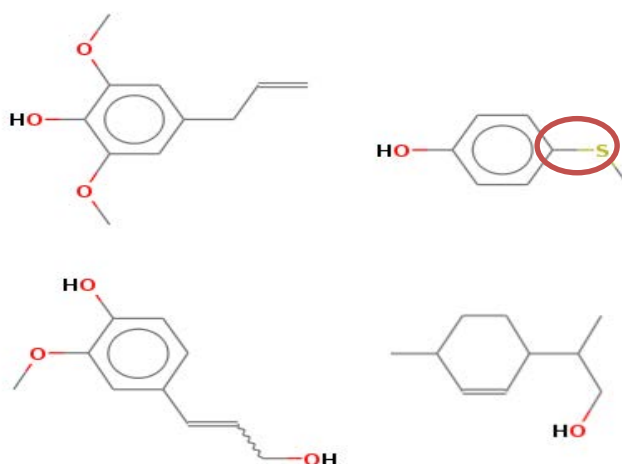
Perbedaan bentuk kurva serapan antara zat warna alami terhadap zat warna sintetis menunjukkan bahwa zat warna alami tersusun atas komponen – komponen kimia yang memiliki gugus kromofor. Hal tersebut mengakibatkan kurva serapan zat warna alami memiliki beberapa puncak serapan. Zat warna sintetis hanya menghasilkan satu puncak serapan karena hanya tersusun atas satu senyawa kimia.

4.12 Uji Kualitatif Gas Liquid Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS)

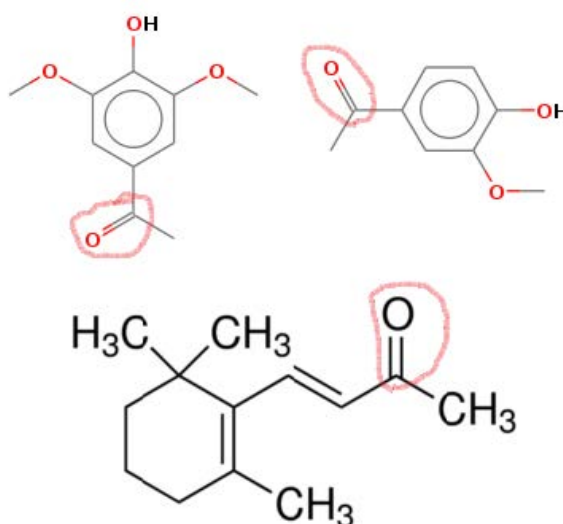
Metode analisa GC-MS adalah suatu metode yang menggabungkan proses kromatografi dan spektroskopi massa. Melalui analisa GC-MS dapat diketahui komponen – komponen senyawa kimia yang diprediksi terkandung dalam suatu zat warna alami. Analisa kualitatif zat warna alami mahoni dan nangka dilakukan dengan cara melarutkan ekstrak mahoni dan nangka dalam pelarut etanol 96%.

Hasil analisa GC-MS untuk ekstrak mahoni diperoleh beberapa senyawa yaitu 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-phenol dengan %area sebesar 1.98, 4-methylthio-phenol dengan %area sebesar 14.10, 4-3-hydroxy-1-propenyl-2-methoxy-phenol dengan %area sebesar 3.09, dan trans- p-Menth-2-en-9-ol dengan %area sebesar 19.84. Komponen kimia yang teruji melalui GC-MS memiliki gugus benzena dan teruji melalui analisa kualitatif spektrofotometer UV-visible. Struktur komponen ekstrak mahoni tersaji pada gambar 4.13.

Hasil analisa GC-MS untuk ekstrak nangka diperoleh beberapa senyawa yaitu 1-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-ethanone dengan %area sebesar 7.36, apocynin dengan %area sebesar 2.42, dan β -Ionone dengan %area sebesar 4.56. Komponen kimia yang teruji melalui GC-MS memiliki kromofor C=O dan memiliki gugus benzena. Struktur kimia yang tersaji pada gambar 4.14 menunjukkan kemiripan terhadap struktur tanin.



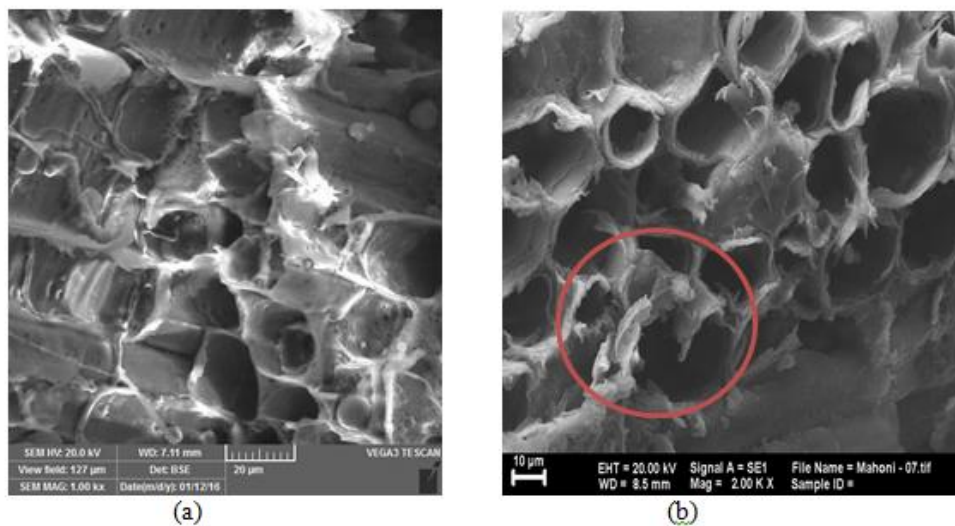
Gambar 4.13. Struktur kimia komponen terindikasi dalam ekstrak mahoni



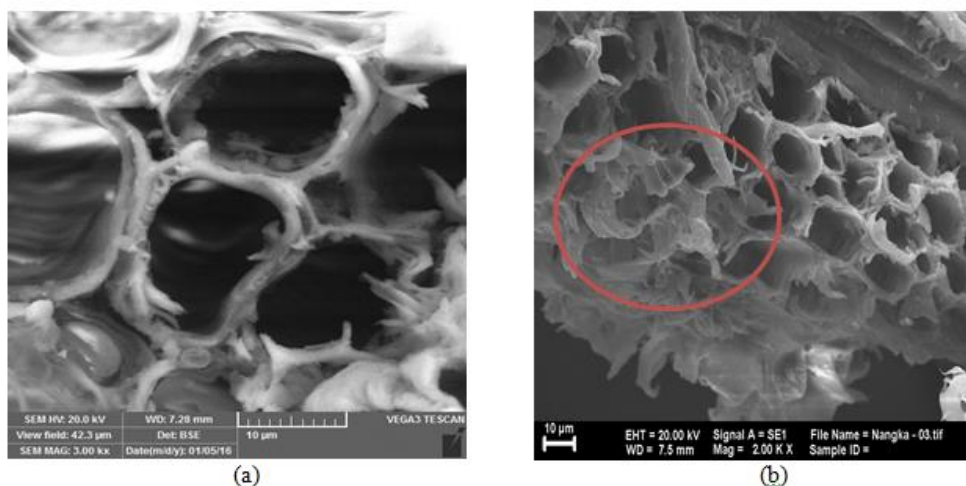
Gambar 4.14. Struktur kimia komponen terindikasi dalam ekstrak nangka

4.13 Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) terhadap Serbuk Mahoni dan Serbuk Nangka

Uji SEM dilakukan terhadap serbuk mahoni dan serbuk nangka dengan tujuan untuk mengetahui perubahan struktur bahan setelah terpapar gelombang ultrasonik pada proses UAE. Berdasarkan gambar 4.15 dan gambar 4.16 diketahui bahwa terjadi perubahan struktur mahoni dan struktur nangka setelah perlakuan UAE. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perusakan dinding sel dari kayu mahoni dan kayu nangka sehingga pelarut dapat masuk ke dalam matriks kayu dan mengekstrak zat warna atau pigmen.



Gambar 4.15. Penampang mahoni (a) sebelum UAE (b) setelah UAE



Gambar 4.16. Penampang nangka (a) sebelum UAE (b) setelah UAE

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE dengan pelarut aquades memberikan hasil ekstraksi terbaik pada rasio 0.05 g/mL.
2. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE dengan pelarut aquades memberikan hasil ekstraksi terbaik berturut – turut pada waktu ekstraksi selama 50 menit dan 40 menit.
3. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE dengan pelarut aquades memberikan hasil ekstraksi terbaik berturut – turut pada temperatur ekstraksi 50 °C dan 60 °C.
4. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE dapat dilakukan dengan pelarut etanol 60%. Penggunaan pelarut etanol 60% dapat meningkatkan hasil ekstraksi sebesar 14.7369% pada ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan 10.1069% pada ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka.
5. Variasi frekuensi gelombang ultrasonik yaitu 20 kHz dan 40 kHz mempengaruhi hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka. UAE pada frekuensi 40 kHz memberikan peningkatan hasil ekstraksi sebesar 2.0114% untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan 7.4171% untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka.
6. Metode AURE dapat digunakan untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka. Pada aliran udara sebesar 0.6 L/min diperoleh hasil ekstraksi tertinggi dan kemudian hasil ekstraksi mengalami penurunan seiring peningkatan kecepatan aliran udara.

7. Kinetika ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka dengan metode UAE mengikuti model kinetika Peleg. Penambahan aliran udara dapat meningkatkan laju ekstraksi zat warna alami menggunakan metode UAE.
8. Pemodelan statistika RSM menggunakan model central composite design menunjukkan bahwa data hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE mendekati perhitungan hasil ekstraksi model. Nilai R^2 untuk ekstraksi mahoni dan nangka berturut – turut sebesar 0.9392 dan 0.9355.

5.2 Saran Penelitian

Pengembangan metode UAE untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan. Modifikasi metode UAE dan *scale up* penelitian dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya untuk mempelajari potensi pengembangan metode UAE. Modifikasi UAE dengan penambahan aliran udara terbukti memberikan efek peningkatan laju ekstraksi maka dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan gas N_2 . Komposisi gas yang lebih murni diharapkan dapat lebih mengoptimalkan hasil ekstraksi.

LAMPIRAN A

A.1 Data Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami Kayu Mahoni

Rasio (g/ml)	Pelarut	Waktu (menit)	T (°C)	%Yield	
				Eksperimen	Model
0.05	Aquades	20	30	1.7765	1.4558
		30	30	1.8080	1.4316
		40	30	1.9290	1.4593
		50	30	1.8899	1.5387
		20	40	2.1375	2.1741
		30	40	2.0465	2.1587
		40	40	2.1445	2.1952
		50	40	2.2775	2.2834
		20	50	2.5534	2.6140
		30	50	2.6929	2.6074
		40	50	2.6550	2.6527
		50	50	3.1153	2.7497
		20	60	2.4045	2.7754
		30	60	2.6395	2.7777
		40	60	2.6389	2.8317
		50	60	2.7920	2.9376

Rasio (g/ml)	Pelarut	Waktu (menit)	T (°C)	%Yield	
				Eksperimen	Model
0.10	Aquades	20	30	1.7482	1.8583
		30	30	2.1367	1.8142
		40	30	1.7915	1.8218
		50	30	2.1032	1.8813
		20	40	2.0738	2.2977
		30	40	2.0118	2.2624
		40	40	2.0480	2.2789
		50	40	2.1286	2.3472
		20	50	2.4505	2.4588
		30	50	2.6525	2.4322
		40	50	2.4490	2.4575
		50	50	2.7070	2.5346
		20	60	2.6915	2.3414
		30	60	2.8390	2.3237
		40	60	2.3775	2.3577
		50	60	2.6497	2.4436

Rasio (g/ml)	Pelarut	Waktu (menit)	T (°C)	% Yield	
				Eksperimen	Model
0.15	Aquadess	20	30	1.6738	1.7931
		30	30	1.5580	1.7290
		40	30	1.5531	1.7167
		50	30	1.5393	1.7562
		20	40	1.6422	1.9537
		30	40	1.8333	1.8984
		40	40	1.4017	1.8949
		50	40	1.8707	1.9432
		20	50	1.4641	1.8359
		30	50	1.3835	1.7893
		40	50	1.2351	1.7947
		50	50	1.4281	1.8518
		20	60	1.4527	1.4396
		30	60	1.1972	1.4020
		40	60	1.3688	1.4160
		50	60	1.3835	1.4819

Pelarut	Rasio (g/ml)	T (°C)	Waktu (menit)	Konsentrasi (v/v)	% Yield
Etanol	0.05	50	50	20%	1.7330
				40%	2.6648
				60%	3.5744
				80%	3.5262
				100%	2.3185

Pelarut	Rasio (g/ml)	T (°C)	Konsentrasi (v/v)	Waktu (menit)	% Yield
Etanol	0.05	50	60%	20	3.2728
				30	3.3287
				40	3.4698
				50	3.5744
				60	3.5497

Pelarut	Rasio (g/ml)	T (°C)	Konsentrasi (v/v)	Udara (L/min)	% Yield
Etanol	0.05	50	60%	0.1	3.302637
				0.3	3.408659
				0.6	3.411556
				0.9	3.359395
				1.2	3.341265

Pelarut	Rasio (g/ml)	T (°C)	Konsentrasi (v/v)	Udara (L/min)	Waktu (menit)	%Yield
Etanol	0.05	50	60%	0.6	10	3.2470
					20	3.3200
					30	3.3900
					40	3.5450
					50	3.6060

Rasio (g/ml)	Frekuensi (KHz)	Pelarut	T (°C)	Waktu (menit)	%yield
0.05	20	Aquades	40	20	1.9670
	40				2.1375
	20	Etanol 60%			2.9012
	40				2.9595

Rasio (g/ml)	Pelarut	Waktu (menit)	T (°C)	%Yield
0.05	Aquades	5	50	1.3780
		10		1.7439
		20		2.1527
		30		2.2483
		40		2.6550
		50		3.1153
		60		2.5825

Rasio (g/ml)	Waktu (menit)	T (°C)	%Yield
0.025	50	50	2.3020
0.05			3.1153
0.10			2.7070
0.15			1.4281

A.2 Data Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami Kayu Nangka

Rasio (g/ml)	Pelarut	Waktu (menit)	T (°C)	%Yield	
				Eksperimen	Model
00.05	Aquades	20	30	1.4960	1.5623
		30	30	1.5986	1.4998
		40	30	1.6253	1.4875
		50	30	1.2186	1.5253
		20	40	1.7279	1.7196
		30	40	1.6279	1.7405
		40	40	1.8065	1.8115
		50	40	1.9091	1.9328
		20	50	1.7373	1.9987
		30	50	2.2972	2.1030
		40	50	2.5012	2.2574
		50	50	2.3986	2.4620
		20	60	2.1945	2.3997
		30	60	2.6798	2.5873
		40	60	3.1157	2.8251
		50	60	2.9383	3.1131

Rasio (g/ml)	Pelarut	Waktu (menit)	T (°C)	%Yield	
				Eksperimen	Model
0.1	Aquades	20	30	1.0253	1.7839
		30	30	1.4086	1.6309
		40	30	1.3186	1.5280
		50	30	1.4966	1.4753
		20	40	1.5092	1.7168
		30	40	1.8253	1.6472
		40	40	1.7173	1.6276
		50	40	1.8446	1.6583
		20	50	1.7159	1.7716
		30	50	1.8032	1.7853
		40	50	1.8412	1.8491
		50	50	2.3145	1.9632
		20	60	2.1525	1.9482
		30	60	2.7018	2.0452
		40	60	2.6031	2.1925
		50	60	2.3791	2.3899

Rasio (g/ml)	Pelarut	Waktu (menit)	T (°C)	% Yield	
				Eksperimen	Model
0.15	Aquades	20	30	1.2875	1.8838
		30	30	1.1244	1.6401
		40	30	0.9653	1.4467
		50	30	1.3452	1.3034
		20	40	1.1453	1.5923
		30	40	1.4106	1.4321
		40	40	1.1288	1.3220
		50	40	0.9733	1.2620
		20	50	1.4195	1.4227
		30	50	1.1355	1.3458
		40	50	1.1301	1.3190
		50	50	0.9022	1.3425
		20	60	1.2315	1.3749
		30	60	1.2088	1.3814
		40	60	1.3448	1.4381
		50	60	1.4612	1.5449

Pelarut	Rasio (g/ml)	T (°C)	Waktu (menit)	Konsentrasi (v/v)	% Yield
Etanol	0.05	60	40	20%	2.5108
				40%	2.9227
				60%	3.4306
				80%	3.3335
				100%	3.2773

Pelarut	Rasio (g/ml)	T (°C)	Konsentrasi (v/v)	Waktu (menit)	% Yield
Etanol	0.05	60	60%	20	2.8199
				30	2.9348
				40	3.2938
				50	3.4687
				60	3.0670

Pelarut	Rasio (g/ml)	T (°C)	Konsentrasi (v/v)	Udara (L/min)	% Yield
Etanol	0.05 g/ml	60 oC	60%	0.1	2.8058
				0.3	2.8605
				0.6	2.8697
				0.9	2.6028
				1.2	2.5517

Pelarut	Rasio (g/ml)	T (°C)	Konsentrasi (v/v)	Udara (L/min)	Waktu (menit)	% Yield
Etanol	0.05	60	60%	0.6	10	2.4530
					20	2.7780
					30	2.8090
					40	2.8620
					50	3.0550

Rasio (g/ml)	Frekuensi (KHz)	Pelarut	T (°C)	Waktu (menit)	% Yield
0.05	20	Aquades	40	20	1.9679
	40				2.0289
	20	Etanol 60%			2.2994
	40				2.4699

Rasio (g/ml)	Pelarut	Waktu (menit)	T (°C)	% Yield
0.05	Aquades	5	60	1.5359
		10		1.6839
		20		2.1945
		30		2.6798
		40		3.1157
		50		2.9383

Rasio (g/ml)	Waktu (menit)	T (°C)	% Yield
0.025	40	60	2.970112
0.05			3.115668
0.1			2.603142
0.15			1.344817

LAMPIRAN B

B.1 Perhitungan %Yield Ekstrak Mahoni

$$\%Yield = \frac{\text{massa ekstrak mahoni (g)}}{\text{massa bahan baku mahoni(g)}} \times 100\%$$

Rasio bahan baku = 0.05 g/ml

Waktu ekstraksi = 50 menit

Frekuensi = 40 kHz

Temperatur = 50 °C

Pelarut = Etanol 60%

Massa serbuk mahoni = 10.0017 g

Massa ekstrak = 0.3575 g

$$\%yield = \frac{0.3575}{10.0017} \times 100\% = 3.5744\%$$

B.2 Perhitungan %Yield Ekstrak Nangka

$$\%Yield = \frac{\text{massa ekstrak nangka (g)}}{\text{massa bahan baku nangka(g)}} \times 100\%$$

Rasio bahan baku = 0.05 g/ml

Waktu ekstraksi = 40 menit

Frekuensi = 40 kHz

Temperatur = 60 °C

Pelarut = Etanol 60%

Massa serbuk nangka = 10.0013 g

Massa ekstrak = 0.3431 g

$$\%yield = \frac{0.3431}{10.0013} \times 100\% = 3.4306\%$$

B.3 Perhitungan %Yield Soxhletasi Mahoni

$$\%Yield = \frac{\text{massa hasil soxhlet mahoni (g)}}{\text{massa bahan baku mahoni(g)}} \times 100\%$$

Massa serbuk mahoni = 20.0011 g

Massa ekstrak = 0.9693 g

$$\%yield = \frac{0.9693}{20.0011} \times 100\% = 4.8462\%$$

B.4 Perhitungan %Yield Soxhletasi Nangka

$$\%Yield = \frac{\text{massa hasil soxhlet nangka (g)}}{\text{massa bahan baku nangka (g)}} \times 100\%$$

Massa serbuk nangka = 20.0014 g

Massa ekstrak = 0.8751 g

$$\%yield = \frac{0.8751}{20.0014} \times 100\% = 4.3752\%$$

B.5 Perhitungan %Recovery Ekstrak Mahoni

$$\%Recovery = \frac{\text{Yield ekstrak mahoni}}{\text{Yield hasil soxhlet mahoni}} \times 100\%$$

1. Pelarut : Aquades

%Yield ekstrak mahoni : 3.1153%

%Yield hasil soxhlet mahoni : 4.8462%

$$\%Recovery = \frac{3.1153\%}{4.8462\%} \times 100\% = 62.2838\%$$

2. Pelarut : Etanol 60%

%Yield ekstrak mahoni : 3.5744%

%Yield hasil soxhlet mahoni : 4.8462%

$$\%Recovery = \frac{3.5744\%}{4.8462\%} \times 100\% = 73.7561\%$$

B.6 Perhitungan %Recovery Ekstrak Nangka

$$\%Recovery = \frac{Yield\ ekstrak\ nangka}{Yield\ hasil\ soxhlet\ nangka} \times 100\%$$

1. Pelarut : Aquades

% Yield ekstrak mahoni : 3.1157%

% Yield hasil soxhlet mahoni : 4.3752%

$$\%Recovery = \frac{3.1157\%}{4.3752\%} \times 100\% = 71.2121\%$$

2. Pelarut : Etanol 60%

% Yield ekstrak mahoni : 3.4306%

% Yield hasil soxhlet mahoni : 4.3752%

$$\%Recovery = \frac{3.4306\%}{4.3752\%} \times 100\% = 78.4092\%$$

B.7 Perhitungan %Peningkatan yield

$$\%peningkatan = \frac{(B - A)}{A} \times 100\%$$

Dimana : A = %yield mula - mula

B = %yield pembanding

1. Pengaruh variasi pelarut pada ekstraksi kayu mahoni

%yield pelarut aquades = 3.1153

%yield pelarut etanol 60% = 3.5744

$$\%peningkatan = \frac{(3.5744 - 3.1153)}{3.1153} \times 100\% = 14.7369\%$$

2. Pengaruh variasi pelarut pada ekstraksi kayu nangka

%yield pelarut aquades = 3.1157

%yield pelarut etanol 60% = 3.4306

$$\%peningkatan = \frac{(3.1157 - 3.4306)}{3.4306} \times 100\% = 10.1069\%$$

3. Pengaruh variasi frekuensi pada ekstraksi kayu mahoni

$$\% \text{yield } 20 \text{ kHz} = 2.9012$$

$$\% \text{yield } 40 \text{ kHz} = 2.9595$$

$$\% \text{peningkatan} = \frac{(2.9595 - 2.9012)}{2.9012} \times 100\% = 2.0114\%$$

4. Pengaruh variasi frekuensi pada ekstraksi kayu mahoni

$$\% \text{yield } 20 \text{ kHz} = 2.2994$$

$$\% \text{yield } 40 \text{ kHz} = 2.4699$$

$$\% \text{peningkatan} = \frac{(2.4699 - 2.2994)}{2.2994} \times 100\% = 7.4171\%$$

B.8 Perhitungan Yield Ekstraksi Model Central Composite Design (CCD)

B.8.1 Perhitungan Model CCD Ekstraksi Mahoni

$$\begin{aligned} \text{Yield} = & 2.45752 - 0.42899A + 0.039420B + 0.051173C - 0.27885AB \\ & - 0.019975AC + 8.8000 \times 10^{-3}BC - 0.23384A^2 - 0.13921B^2 \\ & + 0.025898C^2 \end{aligned}$$

Dimana : A = Rasio bahan baku

B = Temperatur

C = Waktu ekstraksi

Parameter	Coded Factor		
	-1	0	+1
Rasio F/S (A)	0.05	0.10	0.15
Temperatur (B)	40	50	60
Waktu (C)	30	40	50

Rasio	Temperatur	Waktu	Yield
-1	-2	-2	1.4558
		-1	1.4316
		0	1.4593
		1	1.5387
	-1	-2	2.1741
		-1	2.1587
		0	2.1952

		1	2.2834	
		0	-2	2.6140
			-1	2.6074
			0	2.6527
			1	2.7497
	1	-2	2.7754	
		-1	2.7777	
		0	2.8317	
		1	2.9376	
0	-2	-2	1.8583	
		-1	1.8142	
		0	1.8218	
		1	1.8813	
	-1	-2	2.2977	
		-1	2.2624	
		0	2.2789	
		1	2.3472	
	0	-2	2.4588	
		-1	2.4322	
		0	2.4575	
		1	2.5346	
	1	-2	2.3414	
		-1	2.3237	
		0	2.3577	
		1	2.4436	
1	-2	-2	1.7931	
		-1	1.7290	
		0	1.7167	
		1	1.7562	
	-1	-2	1.9537	
		-1	1.8984	
		0	1.8949	
		1	1.9432	
	0	-2	1.8359	
		-1	1.7894	
		0	1.7947	
		1	1.8518	
	1	-2	1.4396	
		-1	1.4020	
		0	1.4161	
		1	1.4819	

B.8.2 Perhitungan Model CCD Ekstraksi Nangka

$$\begin{aligned} \text{Yield} = & 1.84194 - 0.46915A + 0.28242B + 0.088944C - 0.22437AB \\ & - 0.090575AC + 0.083375BC - 0.060898A^2 + 0.060919B^2 \\ & + 0.025086C^2 \end{aligned}$$

Dimana : A = Rasio bahan baku

B = Temperatur

C = Waktu ekstraksi

Parameter	Coded Factor		
	-1	0	+1
Rasio F/S (A)	0.05	0.10	0.15
Temperatur (B)	40	50	60
Waktu (C)	30	40	50

Rasio	Temperatur	Waktu	Yield
-1	-2	-2	1.5623
		-1	1.4998
		0	1.4875
		1	1.5253
	-1	-2	1.7196
		-1	1.7405
		0	1.8115
		1	1.9328
	0	-2	1.9987
		-1	2.1030
		0	2.2574
		1	2.4620
	1	-2	2.3997
		-1	2.5873
		0	2.8251
		1	3.1131
0	-2	-2	1.7839
		-1	1.6309
		0	1.5280
		1	1.4753
	-1	-2	1.7168
		-1	1.6472
		0	1.6276
		1	1.6276

1	0	1	1.6583
		-2	1.7716
		-1	1.7853
		0	1.8491
		1	1.9632
	1	-2	1.9482
		-1	2.0452
		0	2.1925
		1	2.3899
	-2	-2	1.8838
		-1	1.6401
		0	1.4467
		1	1.3034
	-1	-2	1.5923
		-1	1.4321
		0	1.3220
		1	1.2620
	0	-2	1.4227
		-1	1.3458
		0	1.3191
		1	1.3425
	1	-2	1.3749
		-1	1.3814
		0	1.4381
		1	1.5449

B.9 Kinetika Ekstraksi

B.9.1 Kinetika Orde Satu Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka

Persamaan umum kinetika orde satu :

$$\ln (C) = -kt + \ln (C_0)$$

berdasarkan persamaan garis $y = ax + b$, maka berturut – turut diperoleh :

Bahan Baku	Metode	Persamaan Garis	Nilai k
Mahoni	UAE + aquades	$Y = 0.0162x - 4.2639$	0.0162
	UAE + etanol 60%	$Y = 0.0031x - 3.4857$	0.0031
	AURE	$Y = 0.0028x - 3.4584$	0.0028
Nangka	UAE + aquades	$Y = 0.0208x - 4.2709$	0.0208
	UAE + etanol 60%	$Y = 0.0074x - 3.7257$	0.0074
	AURE	$Y = 0.0047x - 3.7218$	0.0047

Perhitungan kinetika ekstraksi zat warna alami dilakukan pada kondisi :

Bahan Baku	Metode	Frekuensi (kHz)	Parameter		
			Pelarut	Rasio	T (°C)
Mahoni	UAE	40	Aquades	0.05 g/mL	50
	UAE	40	Etanol 60%	0.05 g/mL	50
	AURE	40	Etanol 60%	0.05 g/mL	50
Nangka	UAE	40	Aquades	0.05 g/mL	60
	UAE	40	Etanol 60%	0.05 g/mL	60
	AURE	40	Etanol 60%	0.05 g/mL	60

B.9.2 Kinetika Model Peleg Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Mahoni dan Kayu Nangka

Persamaan umum kinetika model peleg :

$$C = \frac{t}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} t}$$

berdasarkan plotting grafik t/C vs t maka diperoleh persamaan grafik sebagai berikut :

Bahan Baku	Metode	Persamaan Garis	Nilai k_1	Nilai k_2
Mahoni	UAE + aquades	$Y = 28.689x + 310.73$	0.003218	0.034857
	UAE + etanol 60%	$Y = 26.148x + 100.82$	0.009919	0.038244
	AURE	$Y = 26.831x + 57.111$	0.01751	0.03727
Nangka	UAE + aquades	$Y = 26.605x + 288.12$	0.003471	0.037587
	UAE + etanol 60%	$Y = 23.889x + 260.73$	0.003835	0.04186
	AURE	$Y = 31.357x + 105.27$	0.009499	0.031891

Nilai k_1 dapat diketahui dari nilai *intercept* yang diperoleh dari persamaan garis, sedangkan nilai k_2 diperoleh dari nilai *slope*. Contoh perhitungan k_1 dan k_2 yaitu:

$$k_1 = \frac{1}{310.73} = 0.003218$$

$$k_2 = \frac{1}{28.689} = 0.034857$$

Perhitungan kinetika ekstraksi zat warna alami dilakukan pada kondisi :

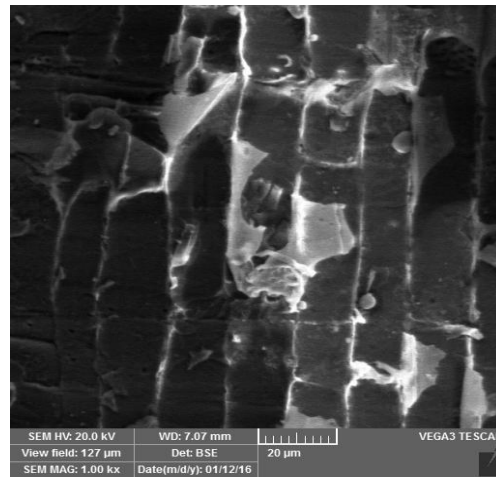
Bahan Baku	Metode	Frekuensi (kHz)	Parameter		
			Pelarut	Rasio	T (°C)
Mahoni	UAE	40	Aquades	0.05 g/mL	50
	UAE	40	Etanol 60%	0.05 g/mL	50
	AURE	40	Etanol 60%	0.05 g/mL	50
Nangka	UAE	40	Aquades	0.05 g/mL	60
	UAE	40	Etanol 60%	0.05 g/mL	60
	AURE	40	Etanol 60%	0.05 g/mL	60

Halaman ini sengaja dikosongkan

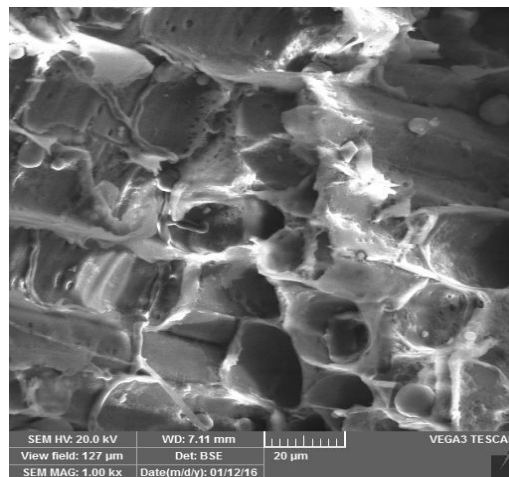
LAMPIRAN C

C.1. Hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) Mahoni

C.1.1 Hasil SEM Mahoni sebelum UAE

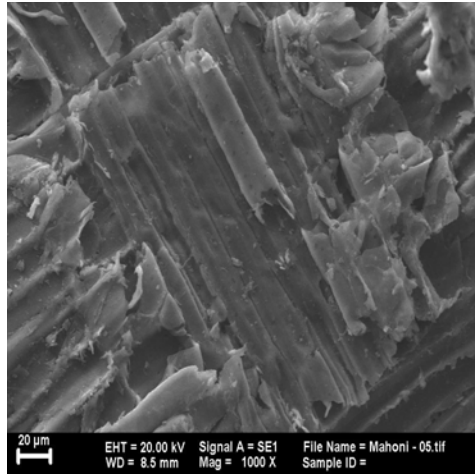


(a) Penampang horizontal dengan perbesaran 1000x

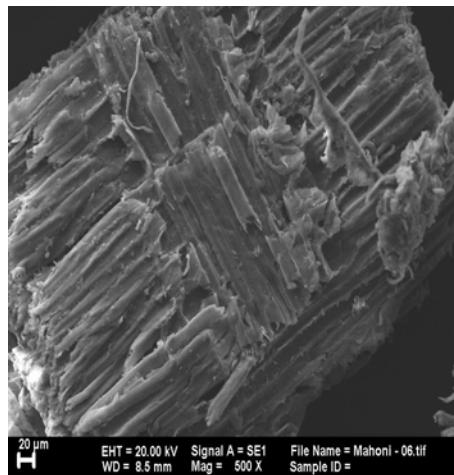


(b) Penampang vertikal dengan perbesaran 1000x

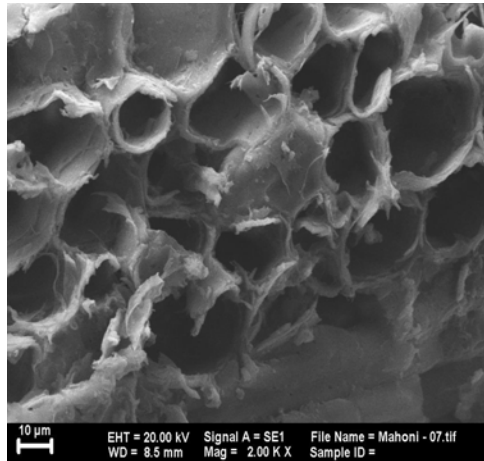
C.1.2 Hasil SEM Mahoni setelah UAE



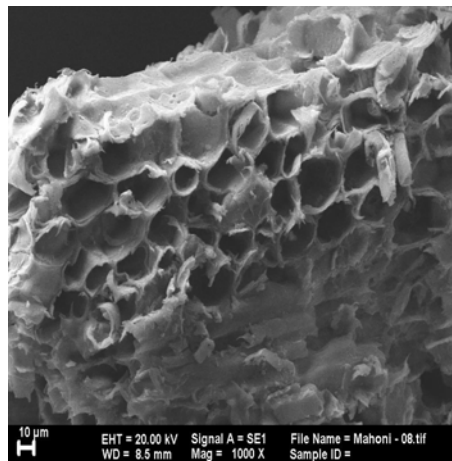
(a) Penampang horizontal dengan perbesaran 1000x



(b) Penampang horizontal dengan perbesaran 500x



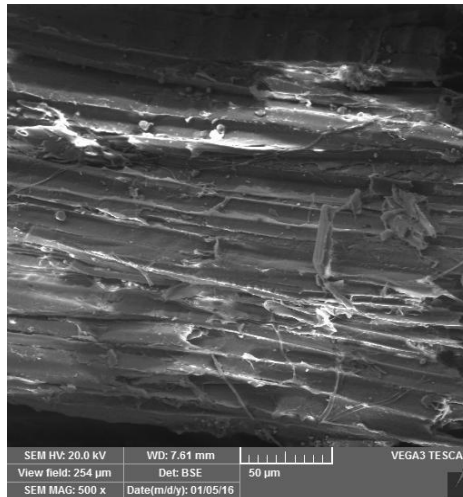
(c) Penampang vertikal dengan perbesaran 2000x



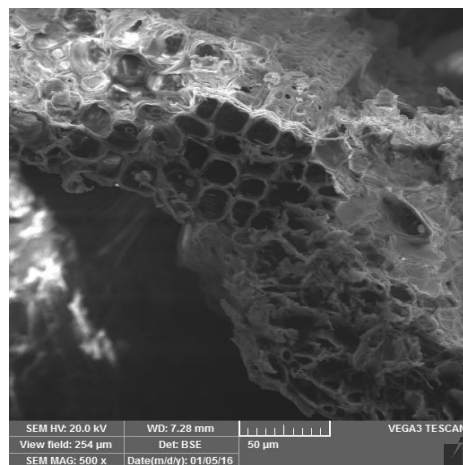
(d) Penampang vertikal dengan perbesaran 1000x

C.2. Hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) Nangka

C.2.1 Hasil SEM Nangka sebelum UAE

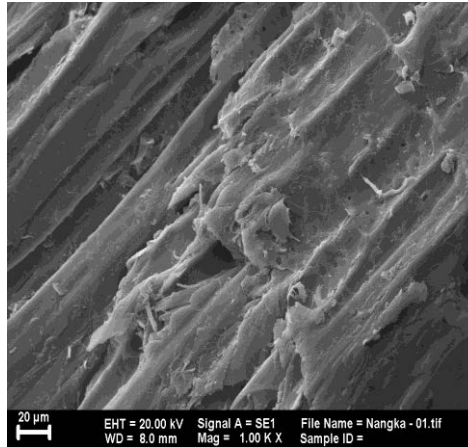


(a) Penampang horizontal dengan perbesaran 500x

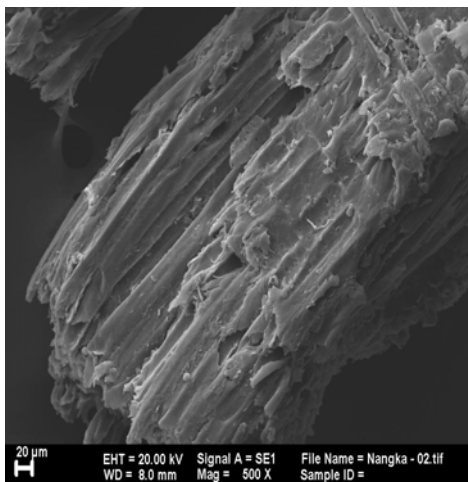


(b) Penampang vertikal dengan perbesaran 500x

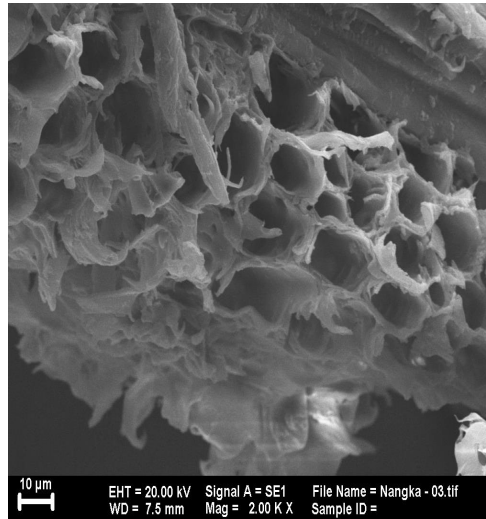
C.2.2 Hasil SEM Nangka setelah UAE



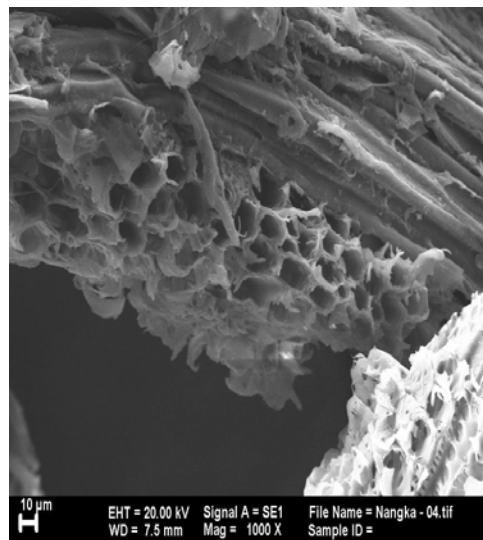
(a) Penampang horizontal dengan perbesaran 1000x



(b) Penampang horizontal dengan perbesaran 500x

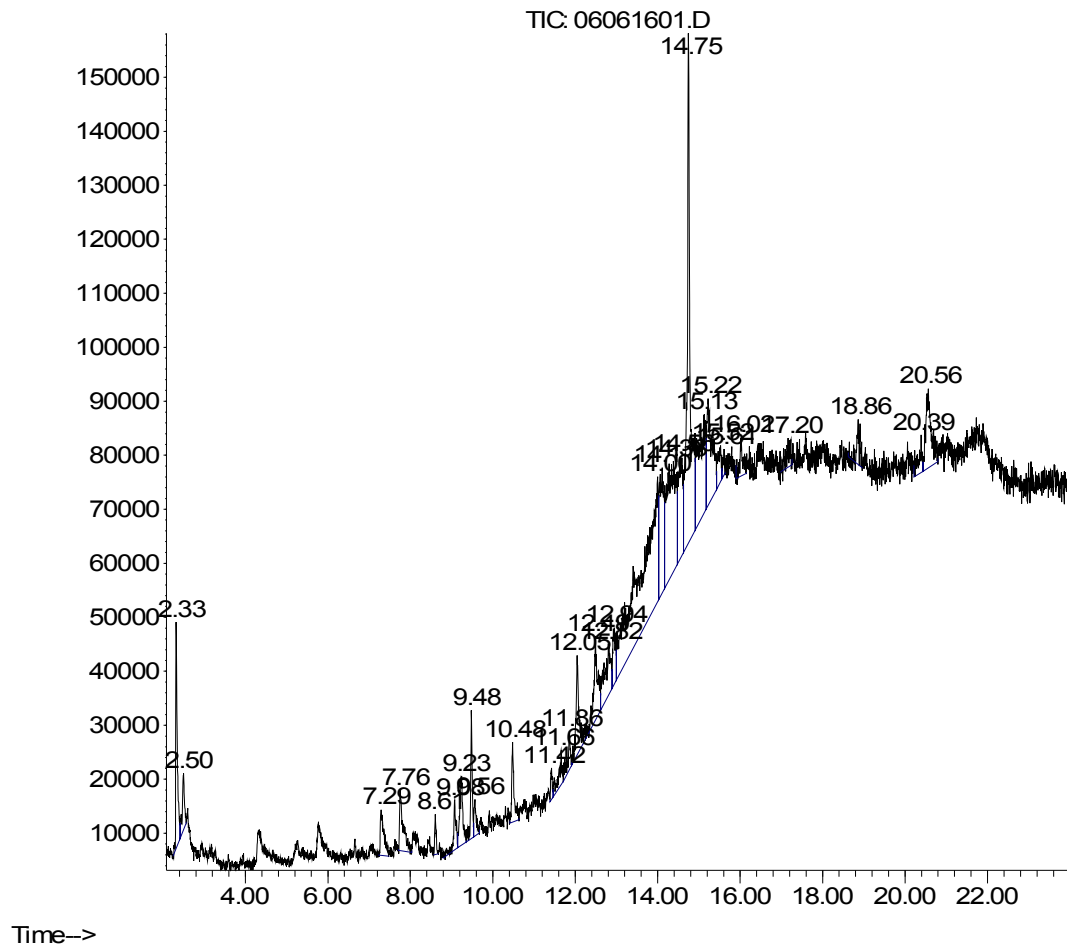


(c) Penampang vertikal dengan perbesaran 2000x



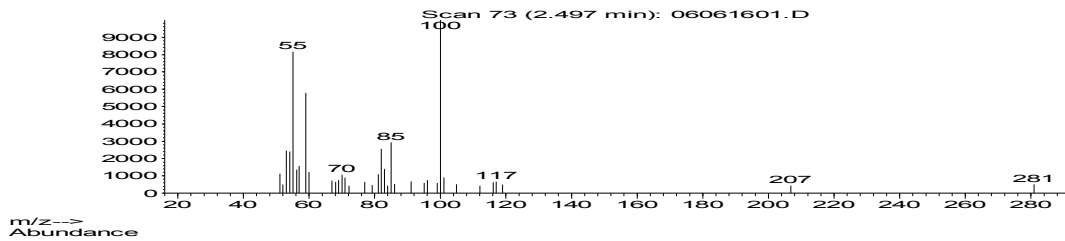
(d) Penampang vertikal dengan perbesaran 1000x

Abundance

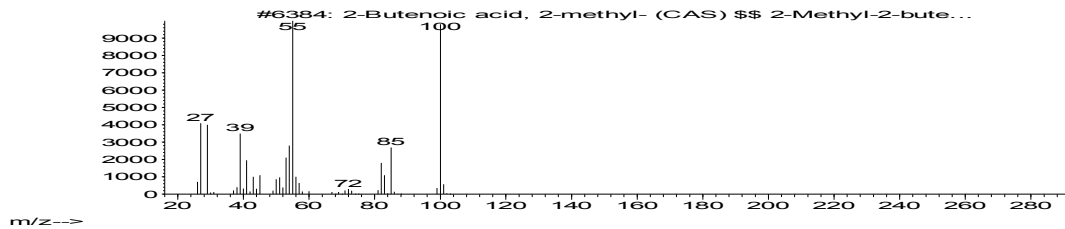




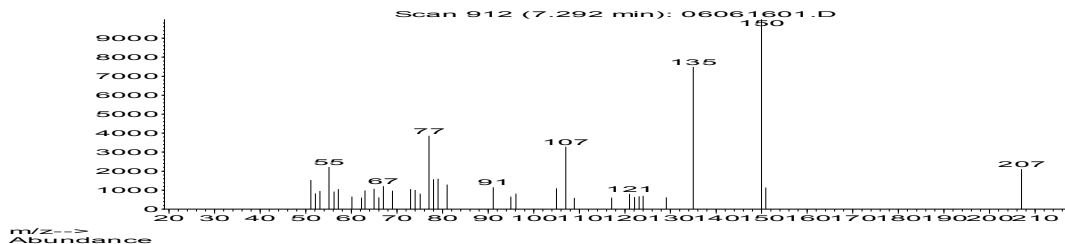
Abundance



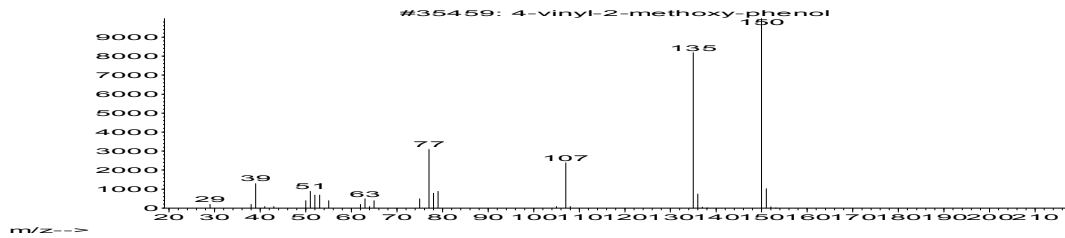
Abundance



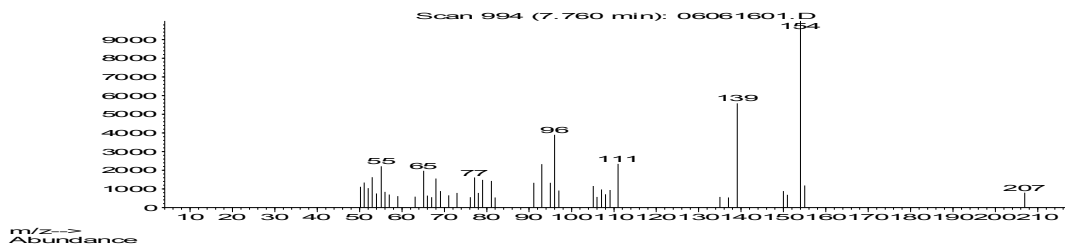
Abundance



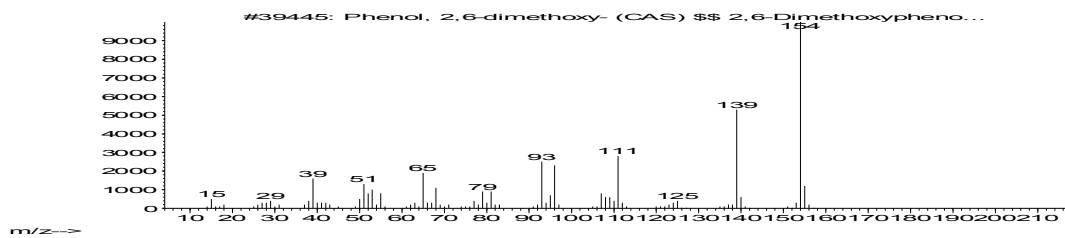
Abundance



Abundance

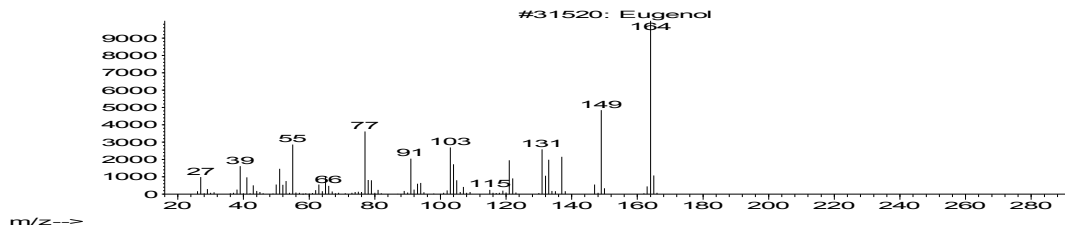
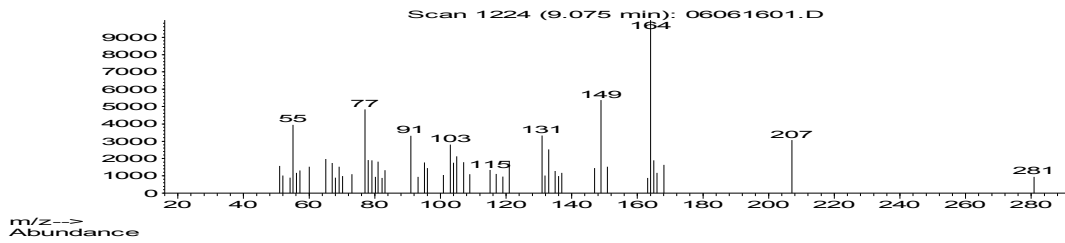


Abundance

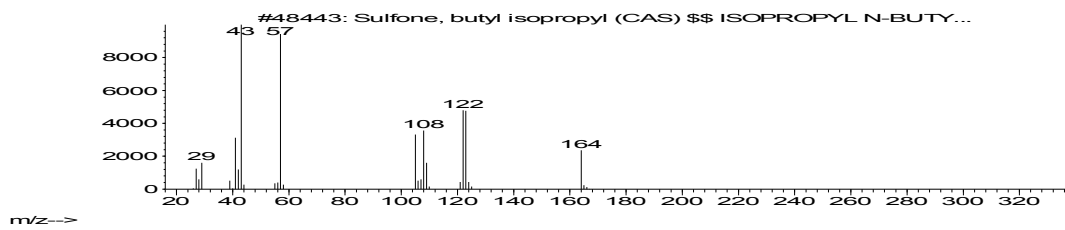
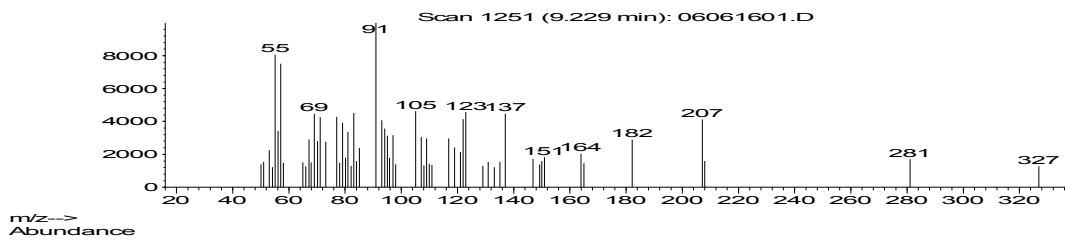




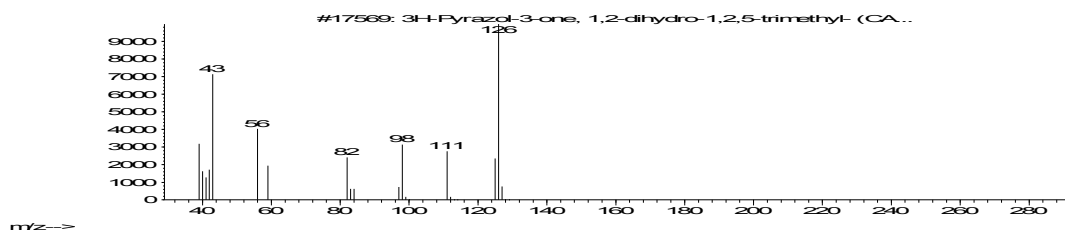
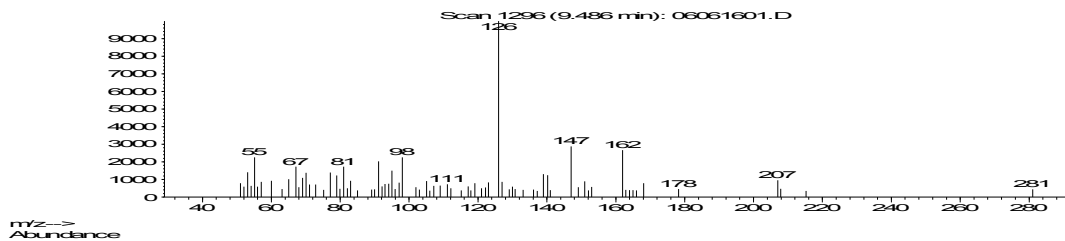
Abundance

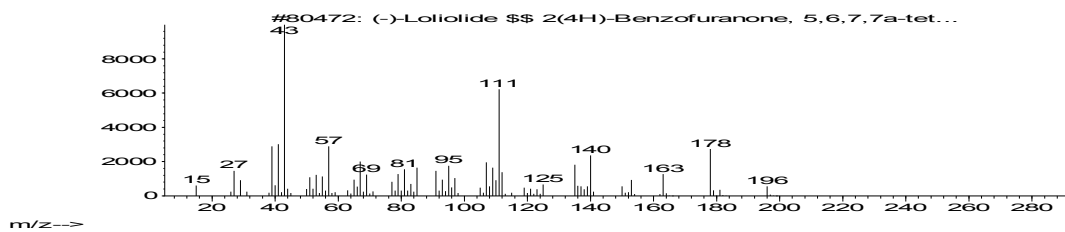
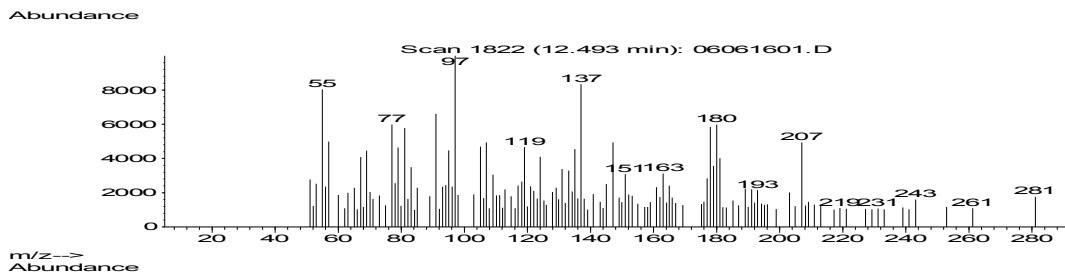
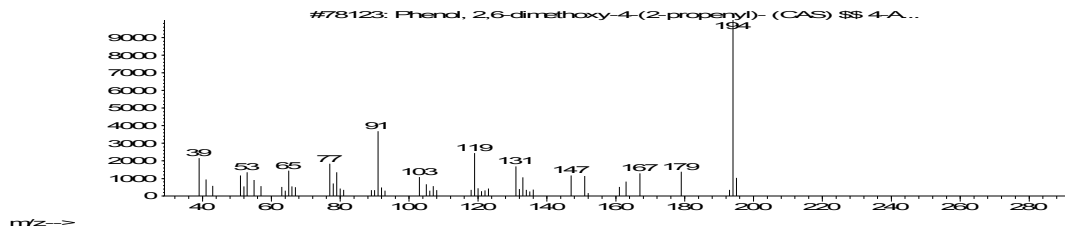
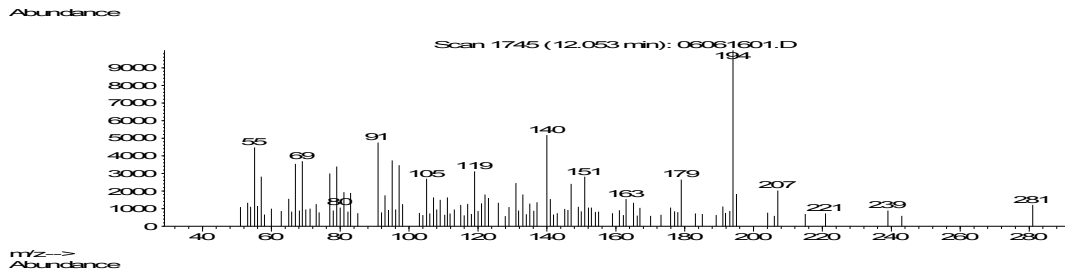
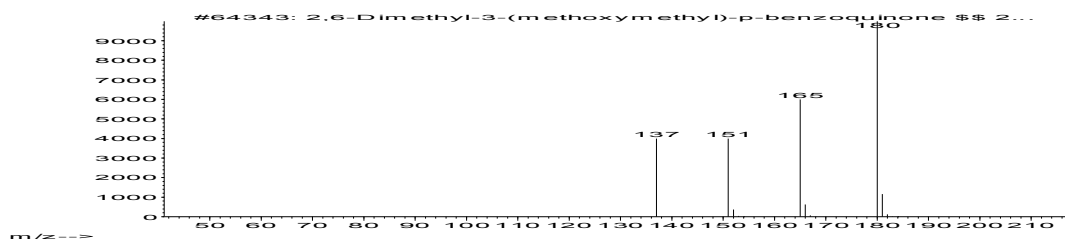
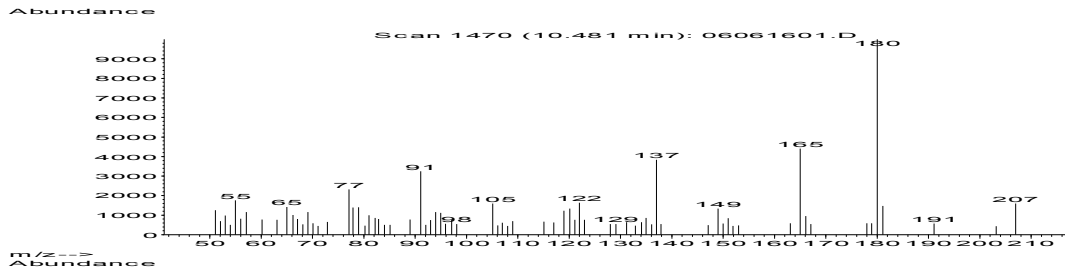


Abundance



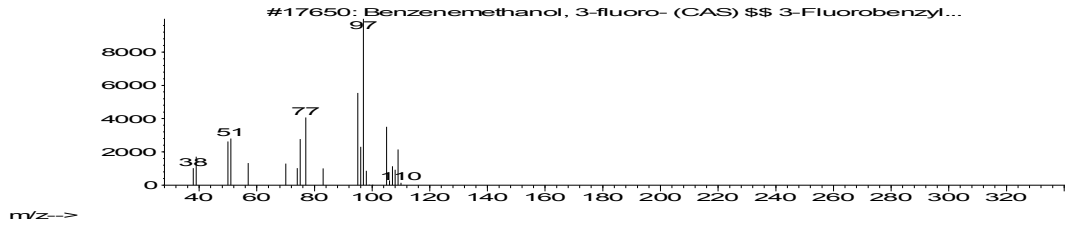
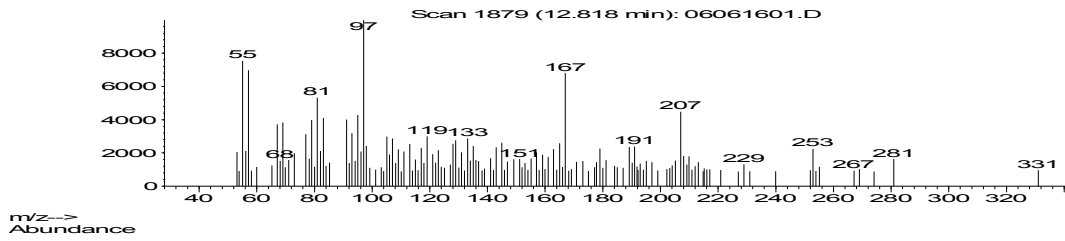
Abundance



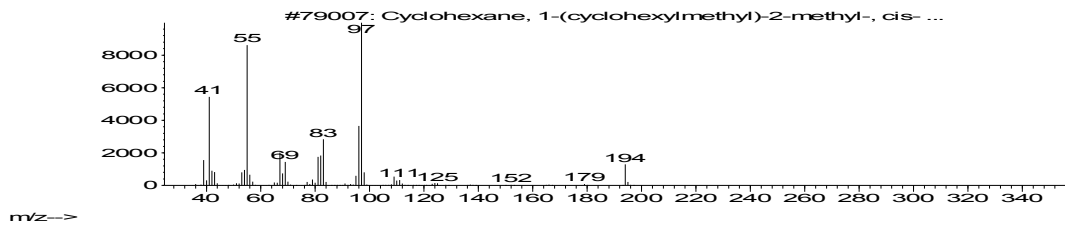
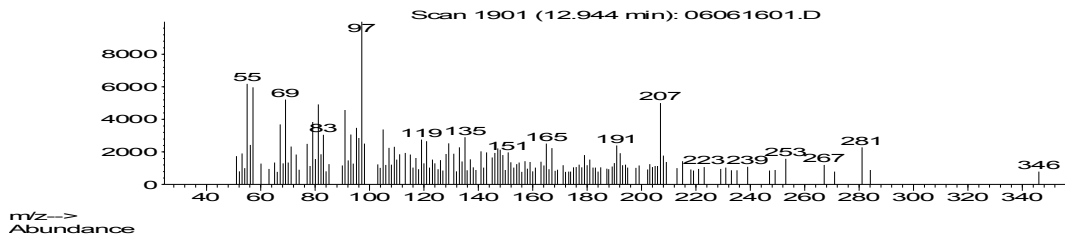




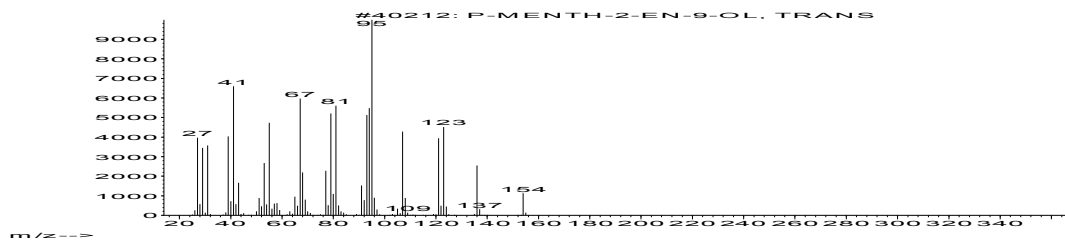
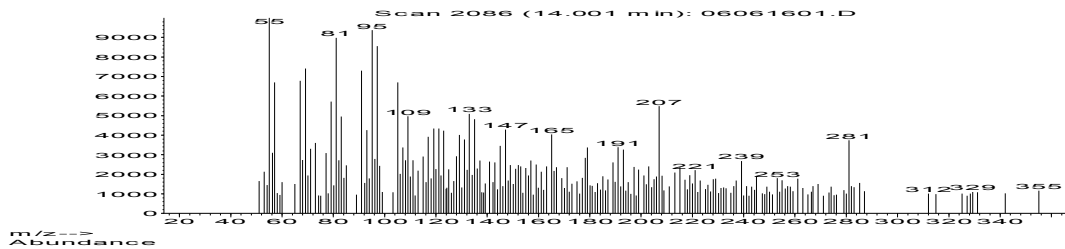
Abundance



Abundance

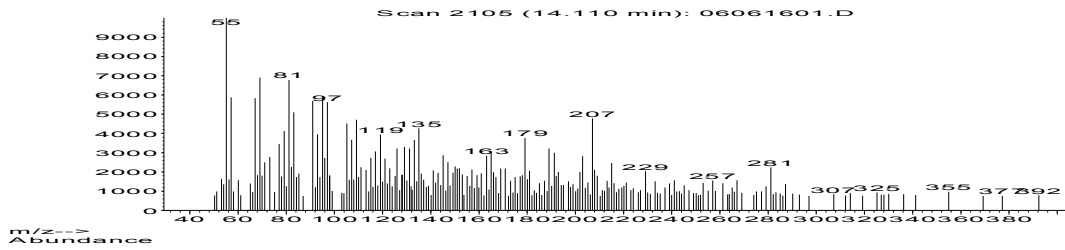


Abundance

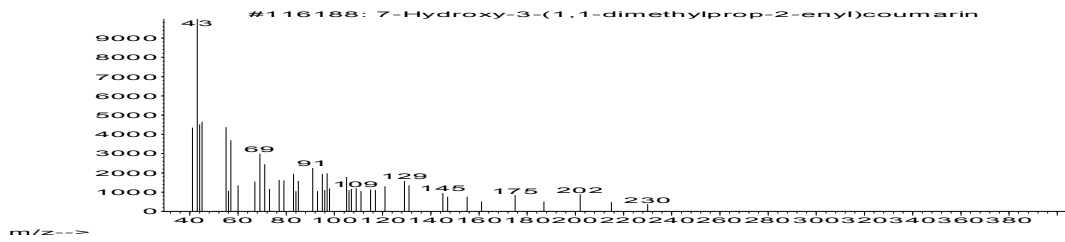




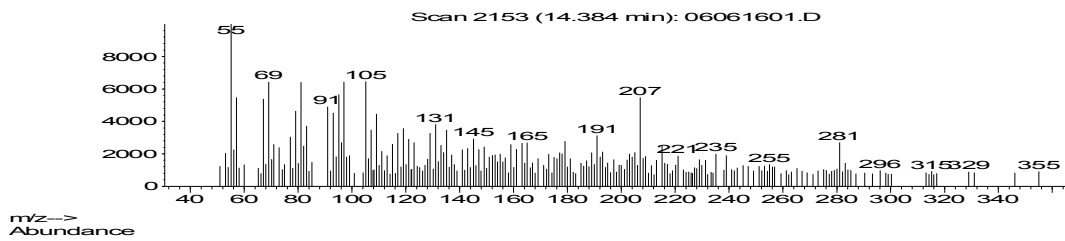
Abundance



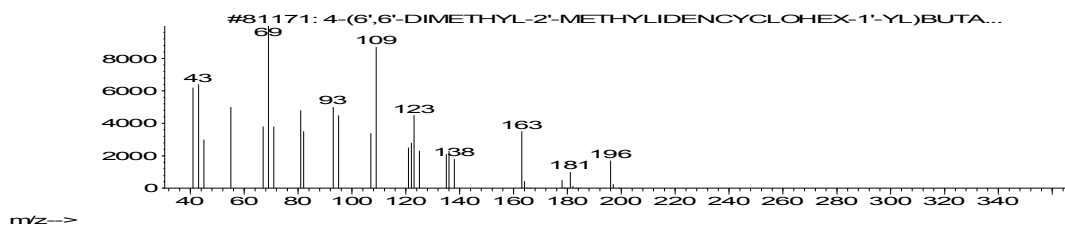
Abundance



Abundance

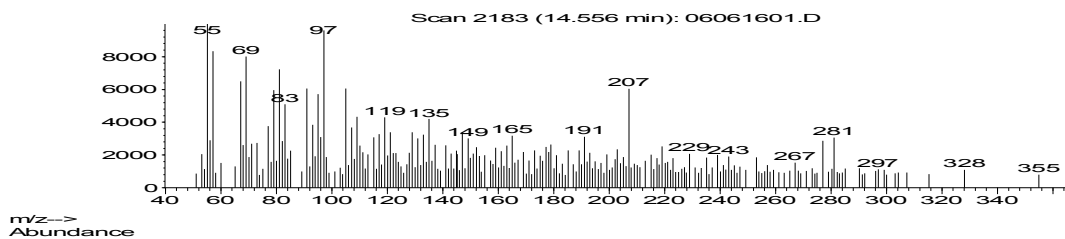


Abundance

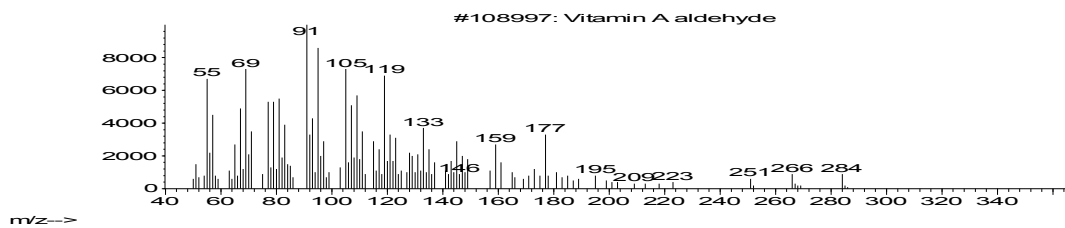


m/z-->

Abundance



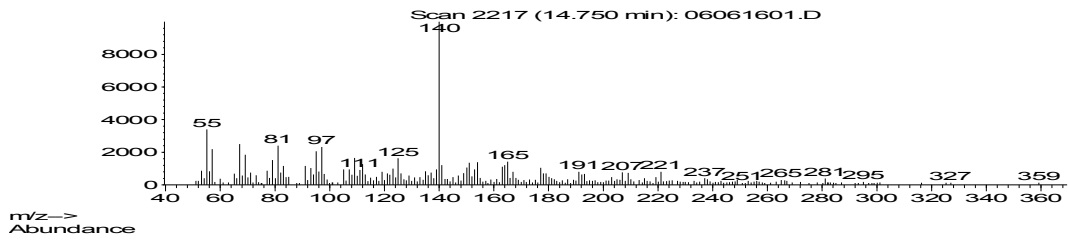
Abundance



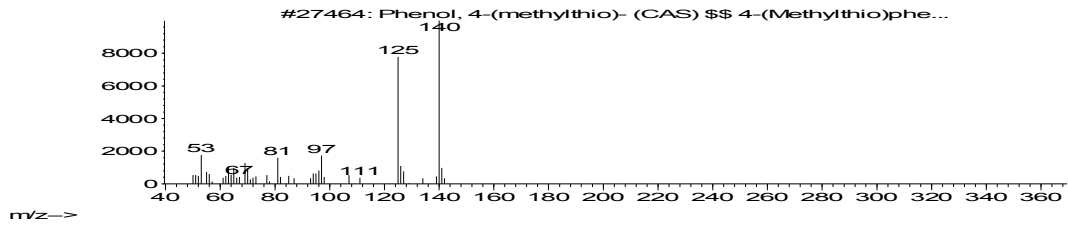
m/z-->



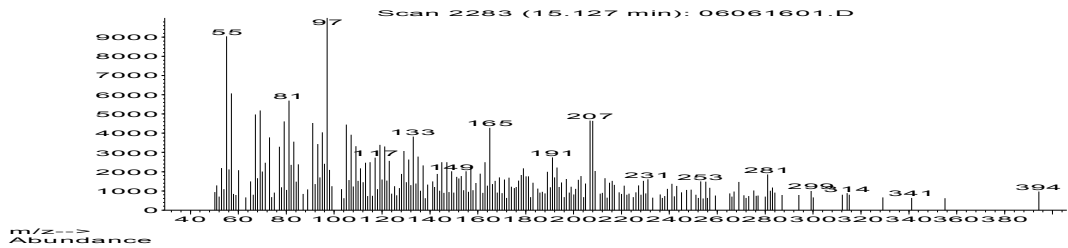
Abundance



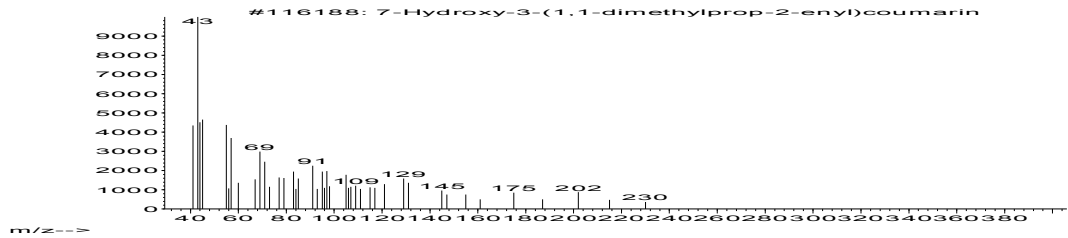
Abundance



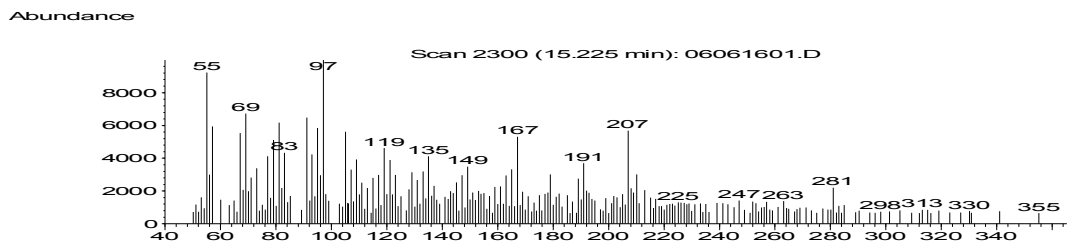
Abundance



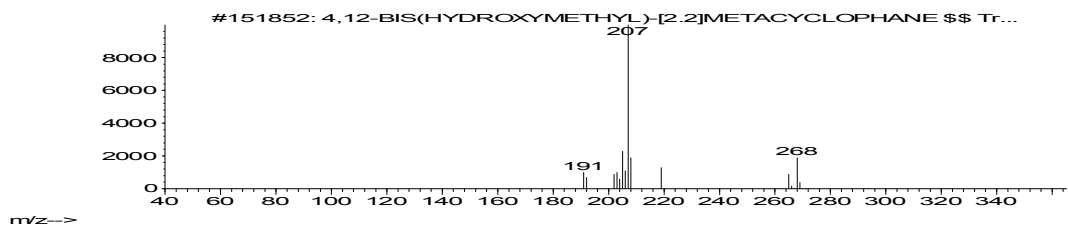
Abundance

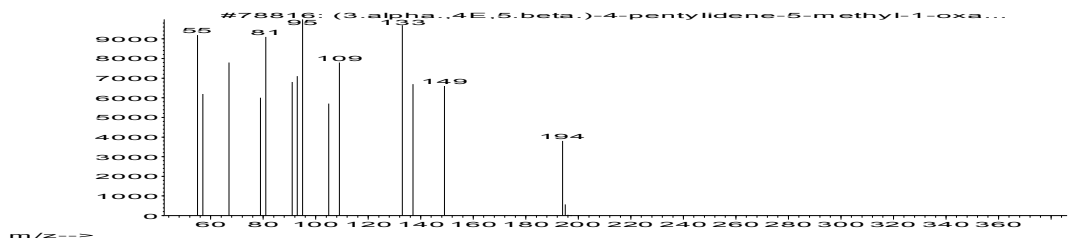
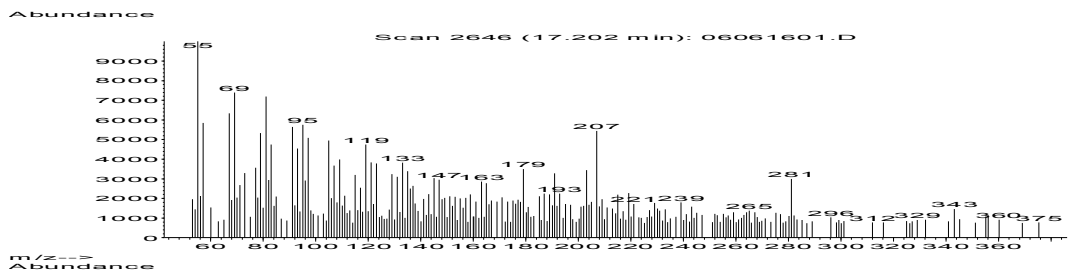
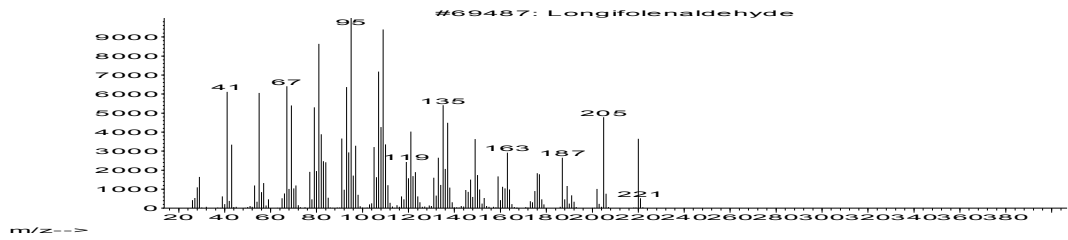
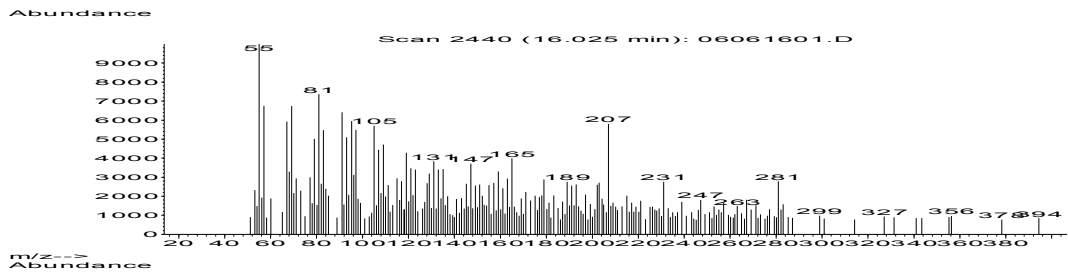
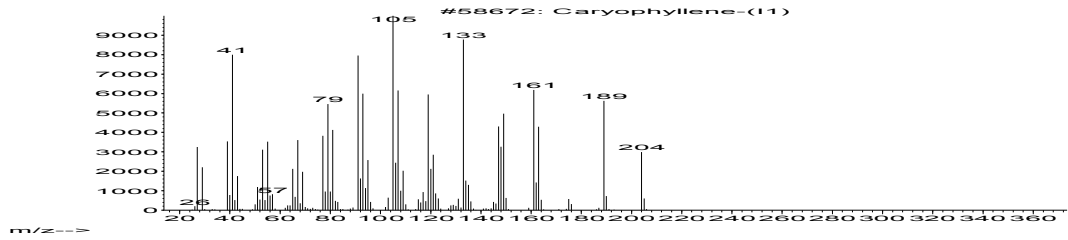
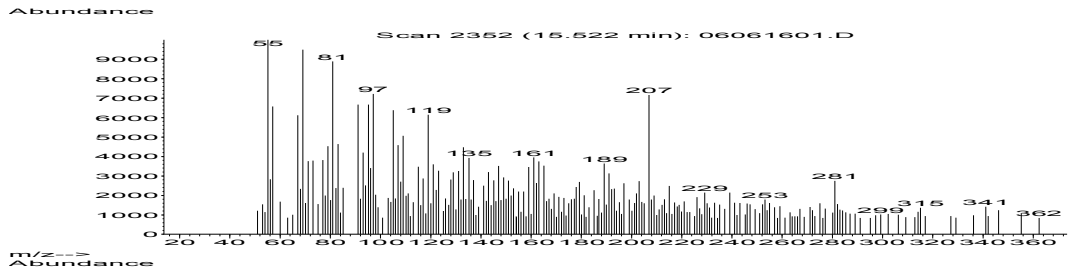


Abundance



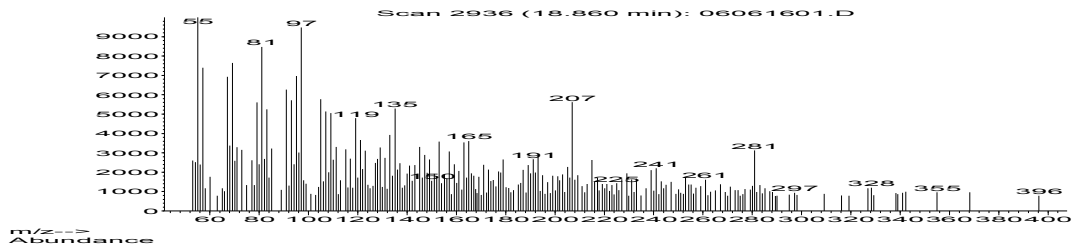
Abundance



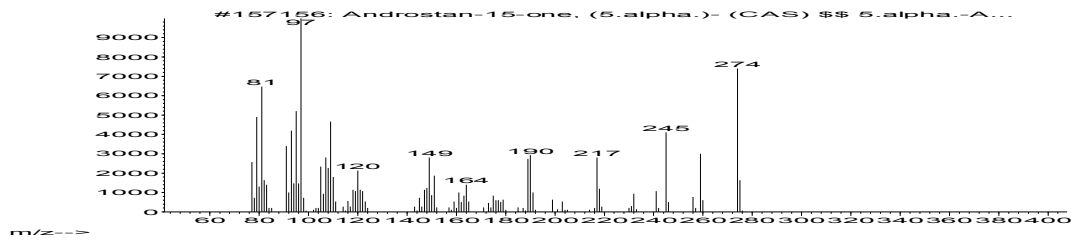




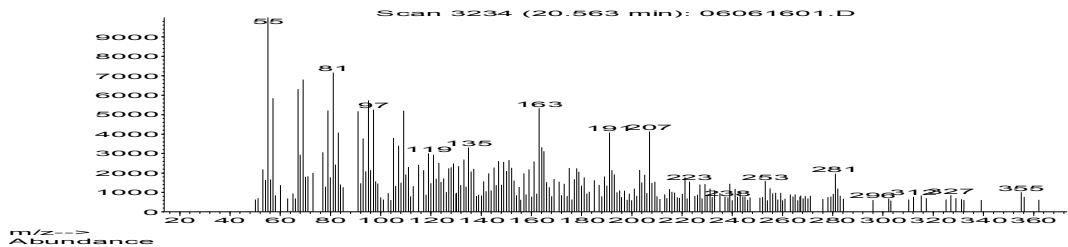
Abundance



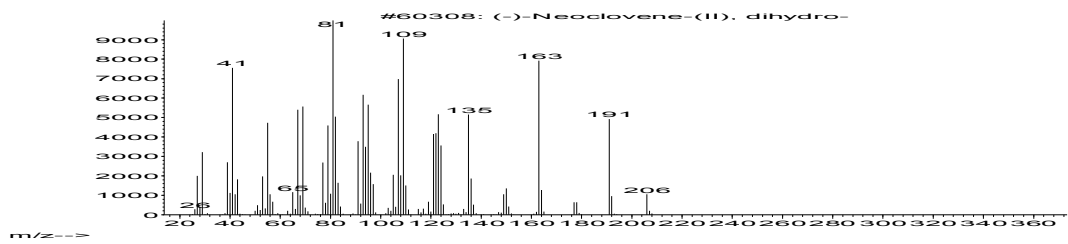
Abundance



Abundance



Abundance



Information from Data File:

File: C:\MSDCHEM\1\DATA\06061601.D
 Operator: SRA
 Date Acquired: 6 Jun 2016 14:02
 Method File: ZAT WARNA16
 Sample Name: 23/16/191/MS Merah Mahoni 0.255 g/20ml
 Misc Info: Ike Dayi - ITS
 Vial Number: 8

Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 85
 C:\Database\Wiley275.L Minimum Quality: 85

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	2.33	3.06	C:\Database\Wiley275.L			
			Butanoic acid, 2-hydroxy-, meth...	13953	029674-47-3	9
			2,5,8,11-Tetraoxadodecane (CAS)...	61913	000112-49-2	9
			1-Propanamine (CAS) \$\$ n-Propyl...	606	000107-10-8	5
2	2.50	1.14	C:\Database\Wiley275.L			
			2-Butenoic acid, 2-methyl- (CAS...	6384	013201-46-2	70
			2-Butenoic acid, 2-methyl- (CAS...	6385	013201-46-2	70
			2-Butenoic acid, 2-methyl- (CAS...	6386	013201-46-2	58
3	7.29	1.44	C:\Database\Wiley275.L			
			4-vinyl-2-methoxy-phenol	35459	000000-00-0	74
			2-Methoxy-5-vinylphenol	35461	000000-00-0	64
			P-METHOXYACETOPHENONE	35506	000000-00-0	59
4	7.76	1.98	C:\Database\Wiley275.L			
			Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) \$\$...	39445	000091-10-1	87
			Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) \$\$...	39448	000091-10-1	74
			Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) \$\$...	39446	000091-10-1	68
5	8.61	0.50	C:\Database\Wiley275.L			
			Methyl (1endo,6,6-trimethyl-5en...	51517	075719-44-7	43
			1-Isopropyl-1,3,3-trimethyl-2-m...	51739	088264-51-1	38
			2,3,4,4a,5,7-Hexahydroquinolin-...	36759	123604-64-8	35
6	9.07	1.14	C:\Database\NIST02.L			
			Eugenol	31520	000097-53-0	90
			3-Allyl-6-methoxyphenol	31561	000501-19-9	76
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)...	31689	005932-68-3	70

- 7 9.23 1.97 C:\Database\Wiley275.L
 Sulfone, butyl isopropyl (CAS) ... 48443 031124-40-0 27
 1-(2,2,c-3,c-6-tetramethyl-r-1-... 126430 106201-77-8 27
 4-Penten-2-ynylamine, N,N,4-tri... 16255 019837-34-4 18

- 8 9.49 1.87 C:\Database\Wiley275.L
 3H-Pyrazol-3-one, 1,2-dihydro-1... 17569 003201-26-1 38
 3H-Pyrazol-3-one, 1,2-dihydro-1... 17566 003201-26-1 38
 3-Furanacetic acid, 4-hexyl-2,5... 125595 039212-21-0 38

- 9 9.57 0.71 C:\Database\Wiley275.L
 4-Methyl-2-(2'-methyl-1'-propen... 47358 025711-84-6 27
 Tricyclo[3.2.1.0(2,7)]oct-3-ene... 47684 062338-44-7 27
 Bicyclo[2.2.2]octa-2,5-diene, 1... 47673 062338-43-6 25

- 10 10.48 1.63 C:\Database\Wiley275.L
 2,6-Dimethyl-3-(methoxymethyl)-... 64343 040113-58-4 78
 2,3,5,6-Tetrafluoroanisole \$\$ B... 63865 002324-98-3 60
 4-METHYL-2,5-DIMETHOXYBENZALDEHYDE64392 000000-00-0 53

- 11 11.42 0.41 C:\Database\Wiley275.L
 Phenol, 4-(2-aminopropyl)- \$\$ 36775 000103-86-6 25
 .beta.-ionone 76612 000079-77-6 25
 (1S*,2S*,5R*,10R*)-1,6-dimethyl... 108040 124780-75-2 25

- 12 11.66 0.97 C:\Database\Wiley275.L
 2-exo-[3-(benzyloxy)propyl]-8-o... 199633 099286-30-3 22
 dimethylhydroxyhexahydroindanones 66974 094132-54-4 15
 HEXYL CYCLOPENTENONE \$\$ 2-HEXYL... 51411 000095-41-0 15

- 13 11.86 0.85 C:\Database\Wiley275.L
 5,14-Dioxapentacyclo[7.5.0.0(2,... 76183 083098-70-8 53
 Pyrrolidine, 1-[4-(1,1-dimethyl... 92587 004147-00-6 52
 6,8-dihydroxy-3-methylisocoumar... 75745 001204-37-1 43

- 14 12.05 2.55 C:\Database\Wiley275.L
 Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-prop... 78123 006627-88-9 83
 Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-prop... 78122 006627-88-9 83
 Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-prop... 78124 006627-88-9 83

- 15 12.49 3.09 C:\Database\Wiley275.L
 (-)-Loliolide \$\$ 2(4H)-Benzofur... 80472 005989-02-6 45
 8,9-Benzotricyclo[5.3.0.0(2,10)... 65332 078926-78-0 43
 Phenol, 4-(3-hydroxy-1-propenyl... 64295 000458-35-5 30

- 16 12.82 2.73 C:\Database\Wiley275.L
 Benzenemethanol, 3-fluoro- (CAS... 17650 000456-47-3 27
 3-chloro-4-endo-hydroxybicyclo[... 86294 102861-25-6 25
 Allo-inositol tri-methaneboronate 136371 000000-00-0 25

- 17 12.94 1.42 C:\Database\Wiley275.L
 Cyclohexane, 1-(cyclohexylmethy... 79007 054824-04-3 30
 N-Desmethyl methapyrilene 131989 000000-00-0 27
 (7R)trans-anti-trans-Tricyclo[7... 65043 032789-61-0 25

- 18 14.00 19.84 C:\Database\Wiley275.L
 P-MENTH-2-EN-9-OL, TRANS 40212 000000-00-0 53
 2(1H)-Naphthalenone, octahydro-... 94018 054594-42-2 47
 Bicyclo[3.1.0]hexan-2-one, 4-me... 38233 002506-61-8 38

- 19 14.11 4.79 C:\Database\Wiley275.L
 7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2... 116188 056881-08-4 70
 (Z,1'RS,2'RS,3'SR)-1-(2',3'-epo... 91803 097550-03-3 60
 1H-Indene, 5-butyl-6-hexyloctah... 148412 055044-36-5 47

- 20 14.38 9.19 C:\Database\Wiley275.L
 4-(6',6'-DIMETHYL-2'-METHYLIDEN... 81171 000000-00-0 90
 5,9-Dimethyl-2-(1-methylethylid... 110770 069239-72-1 70
 Deacetylphytuberin 137242 000000-00-0 52

- 21 14.56 4.11 C:\Database\NIST02.L
 Vitamin A aldehyde 108997 000116-31-4 92
 2(1H)-Naphthalenone, octahydro-... 61650 054594-42-2 90
 Retinol, acetate 131962 000127-47-9 56

- 22 14.75 14.10 C:\Database\Wiley275.L
 Phenol, 4-(methylthio)- (CAS) \$... 27464 001073-72-9 60
 4-PYRANTHION, 2,6-DIMETHYL- 27455 000000-00-0 58
 Flamenol \$\$ 5-Methoxyresorcinol... 27571 002174-64-3 49

- 23 15.13 6.48 C:\Database\Wiley275.L
 7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2... 116188 056881-08-4 45
 Muco-inositol tri-methaneboronate 136369 000000-00-0 44
 8-(1-pentenyl)carbonyl)bicyclo[... 106118 108163-60-6 27

- 24 15.22 4.83 C:\Database\Wiley275.L
 4,12-BIS(HYDROXYMETHYL)-[2.2]ME... 151852 056752-67-1 46
 ent-2,3-Secoalloaromadendra-4(1... 122015 073407-92-8 45
 4,14-BIS(HYDROXYMETHYL)-[2.2]ME... 151853 056752-68-2 38



Laboratorium PT. Gelora Djaja

- 25 15.52 1.15 C:\Database\NIST02.L
 Caryophyllene-(I1) 58672 1000158-18-5 94
 1H-Cycloprop[e]azulene, decahyd... 58921 025246-27-9 93
 1H-Cycloprop[e]azulene, decahyd... 58920 025246-27-9 78
- 26 15.61 0.31 C:\Database\Wiley275.L
 2-Cyclohexen-1-one, 3-(3-hydrox... 95794 027185-79-1 44
 CAPNELLANE-5.ALPHA.-OL \$\$ 1H-Cy... 108239 061234-85-3 42
 2(1H)-Naphthalenone, octahydro-... 94018 054594-42-2 30
- 27 16.02 1.09 C:\Database\NIST02.L
 Longifolenaldehyde 69487 019890-84-7 90
 Germacypentane, 1-chloro- 33413 004554-75-0 55
 7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2... 76302 056881-08-4 51
- 28 17.20 0.77 C:\Database\Wiley275.L
 (3.alpha.,4E,5.beta.)-4-pentyl... 78816 075731-78-1 91
 AROMADENDRENE 89682 000489-39-4 56
 Alloaromadendrene \$\$ 1H-Cyclopr... 89480 025246-27-9 53
- 29 18.86 1.02 C:\Database\Wiley275.L
 Androstan-15-one, (5.alpha.)- (... 157156 000734-68-9 95
 (1'RS,2'RS,3'RS)-3-(2',3'-epoxy... 91801 097549-16-1 92
 (1'RS,2'RS,3'SR)-3-(2',3'-epoxy... 91804 097549-16-1 92
- 30 20.39 0.95 C:\Database\Wiley275.L
 Sclareol \$\$ 1-Naphthalenepropan... 184533 000515-03-7 60
 Sclareol \$\$ 1-Naphthalenepropan... 184534 000515-03-7 53
 (E)-3,4-Epoxy-1-(1',2'-epoxy-3'... 135172 091186-32-2 46
- 31 20.56 3.92 C:\Database\NIST02.L
 (-)-Neoclovene-(II), dihydro- 60308 1000152-83-6 90
 Ledol 70930 000577-27-5 45
 Epiglobulol 70949 1000150-05-1 44

Mon Jun 06 14:39:31 2016

Mengetahui,

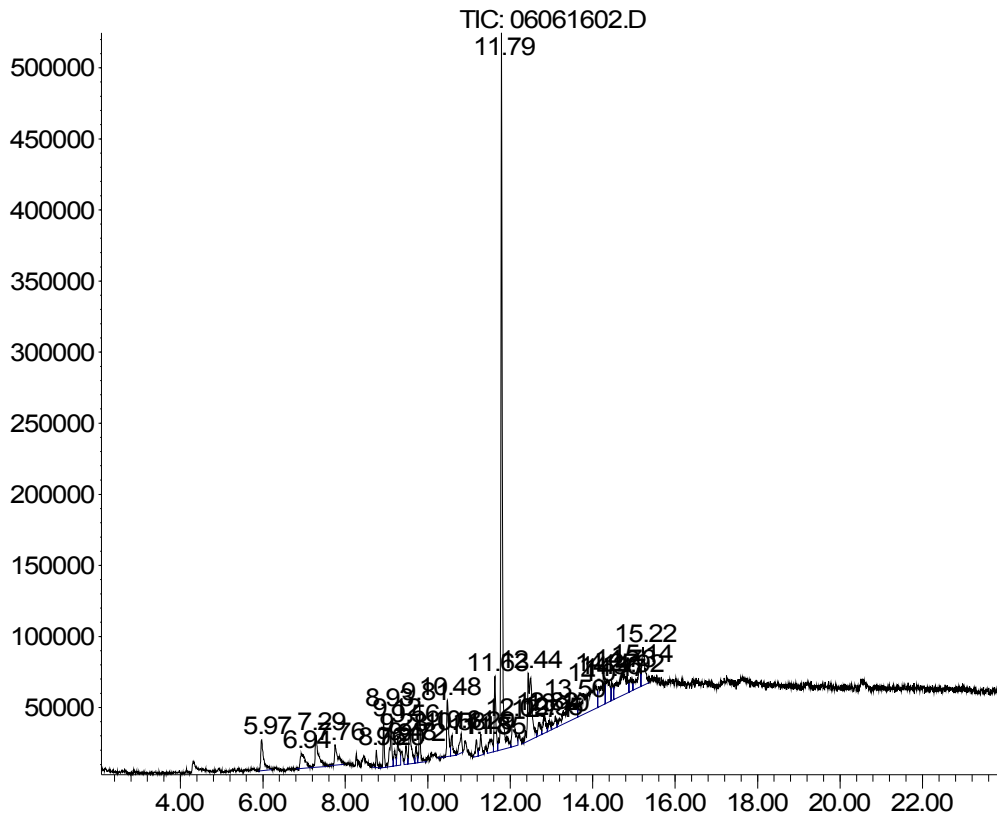
Surabaya, 06 Juni 2016
 Penanggung jawab Pengujian,

Dr. Mohammad Holil
 Factory Lab. Manager

Reo Dewa Kembara, S.Si
 Factory Lab. Spv.

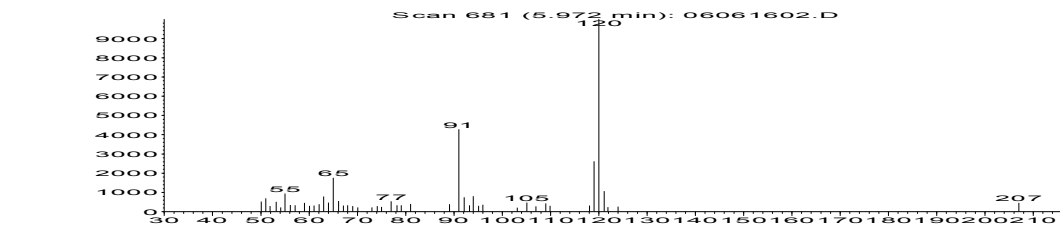


Abundance

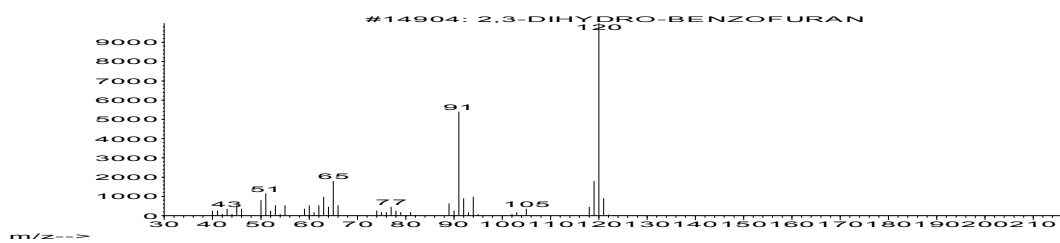


Time-->

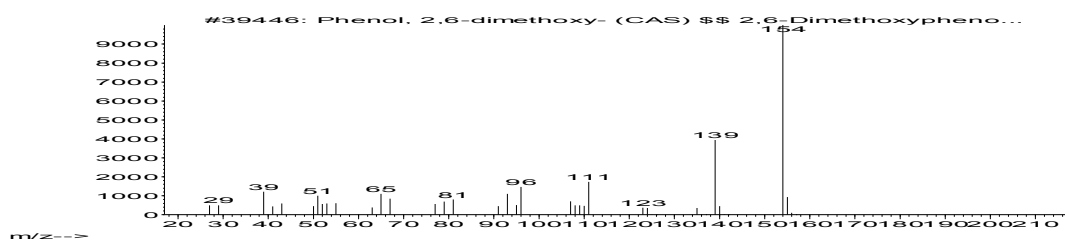
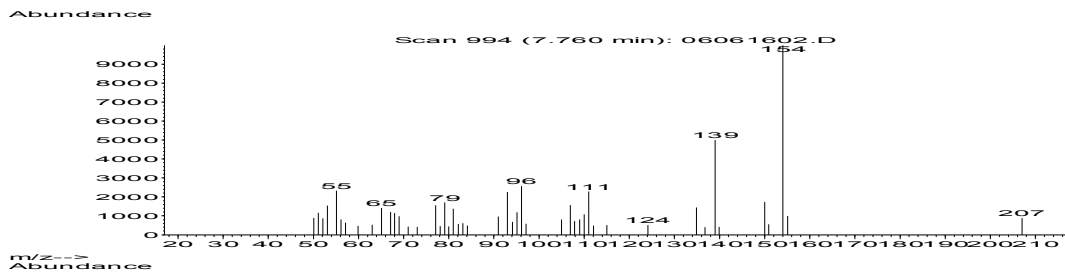
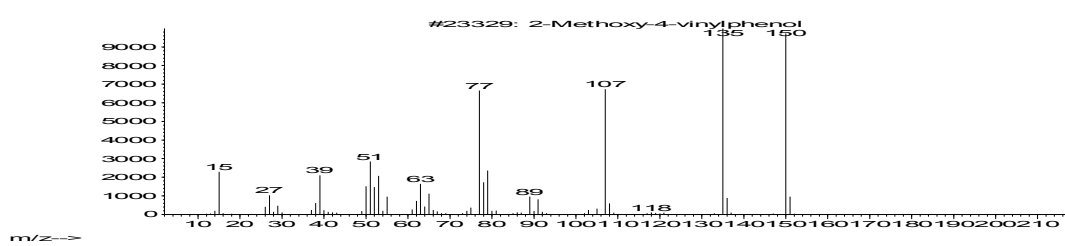
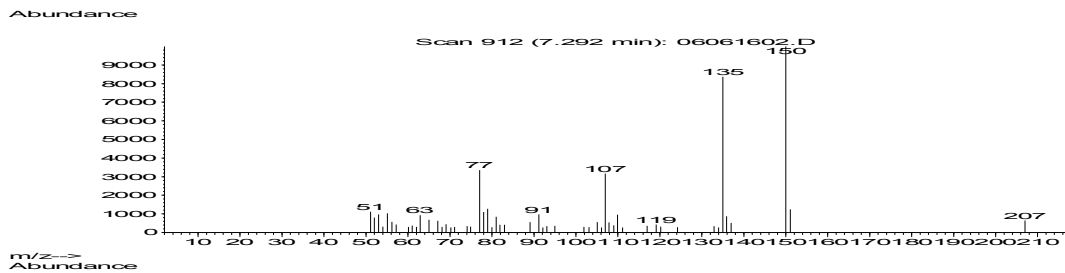
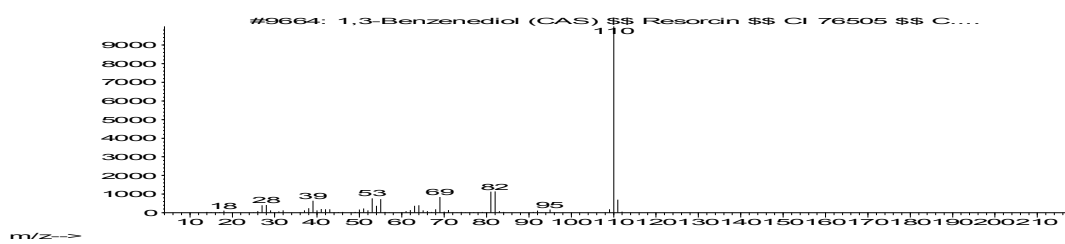
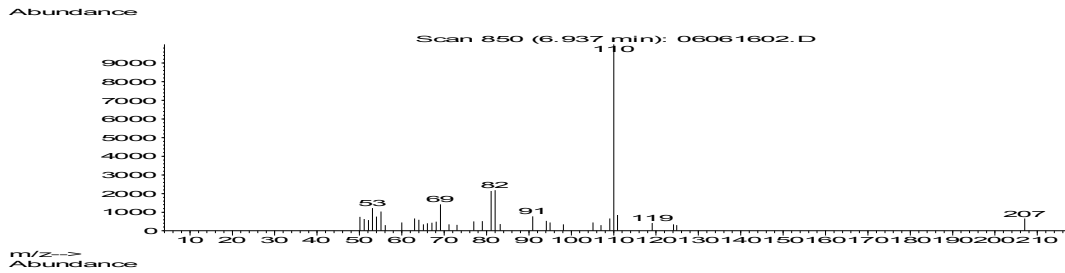
Abundance



m/z-->

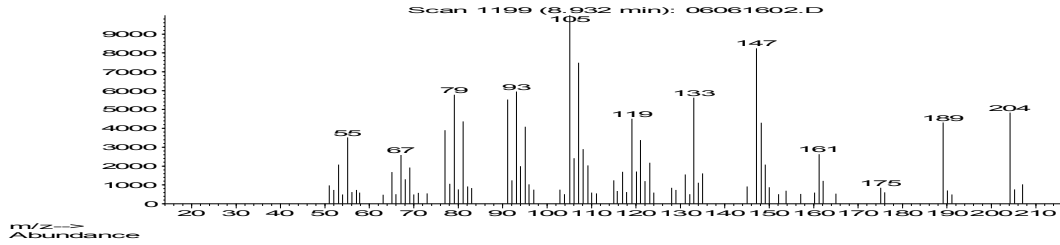


m/z-->

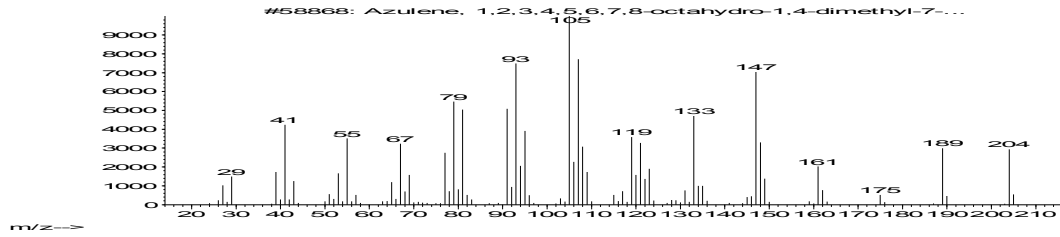




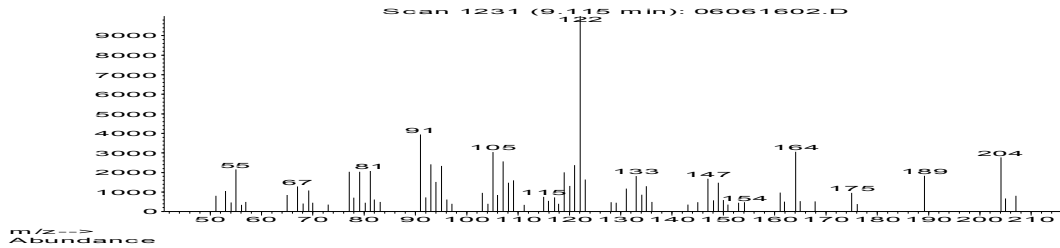
Abundance



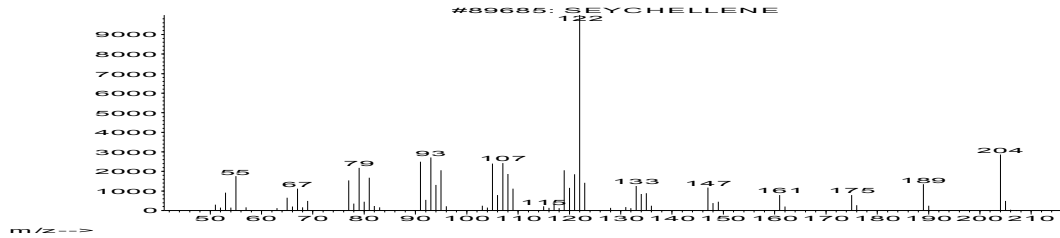
Abundance



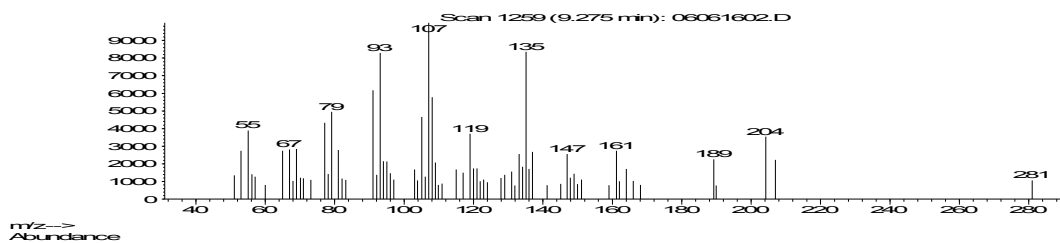
Abundance



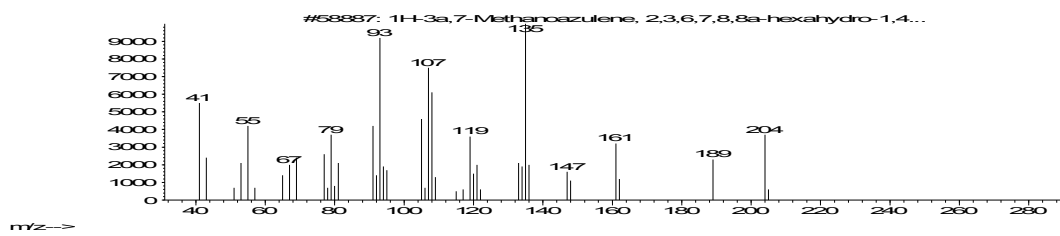
Abundance



Abundance

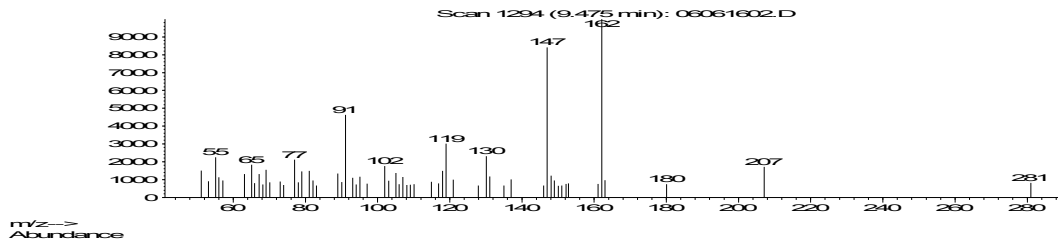


Abundance

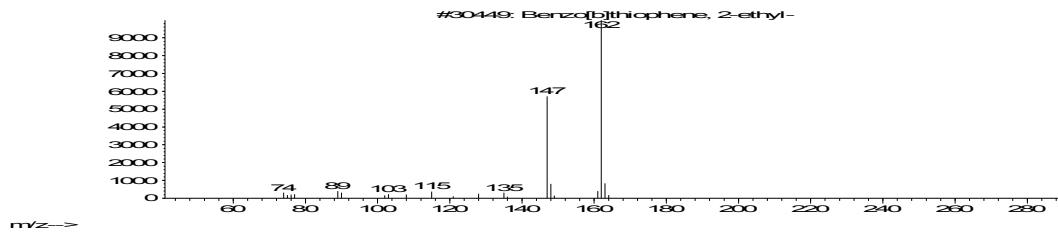




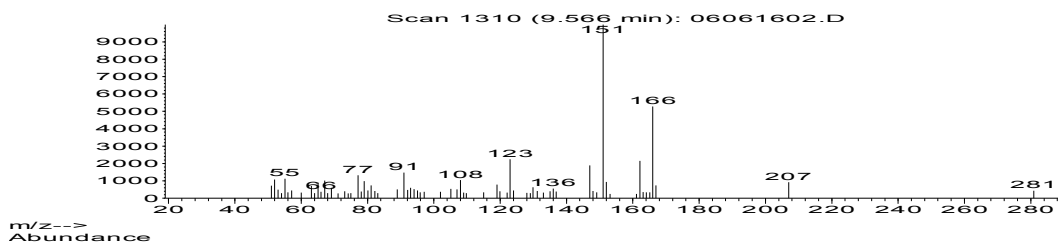
Abundance



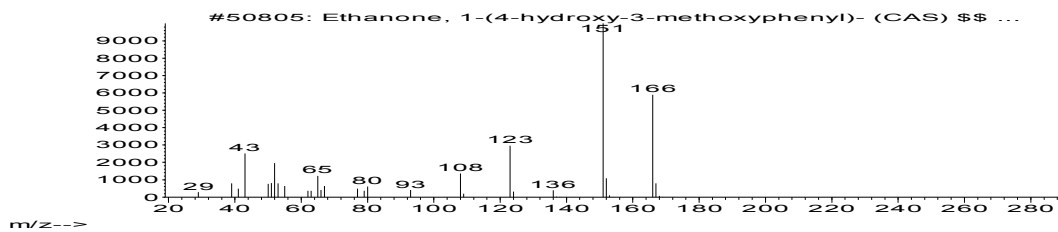
Abundance



Abundance

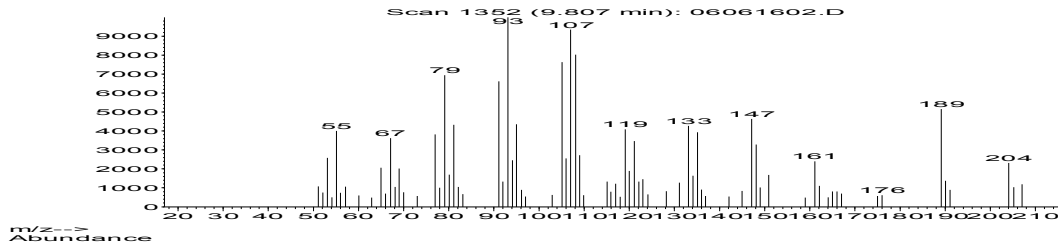


Abundance

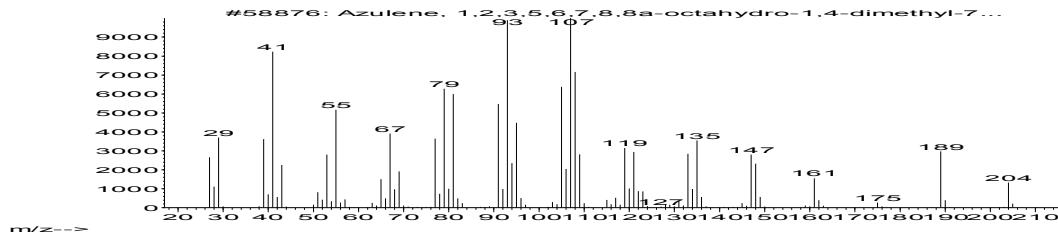


m/z-->

Abundance



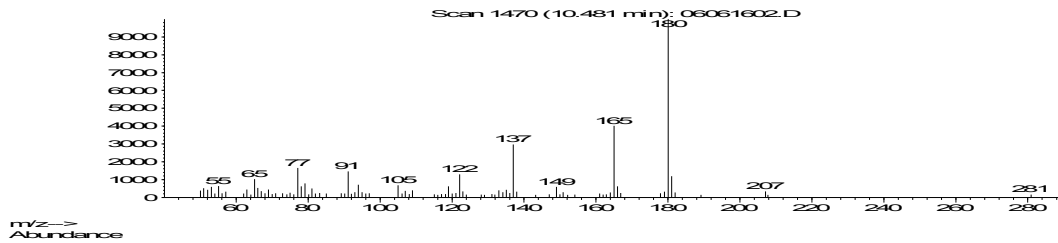
Abundance



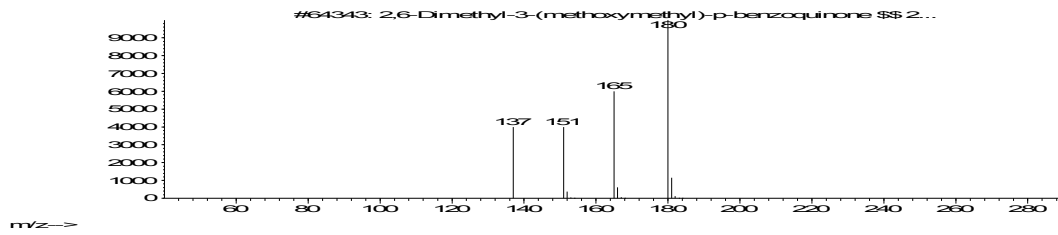
m/z-->



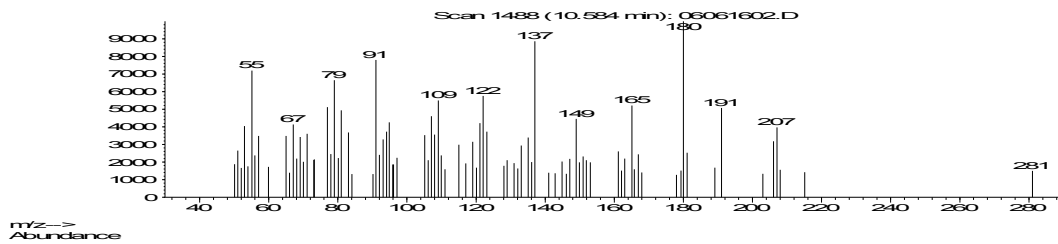
Abundance



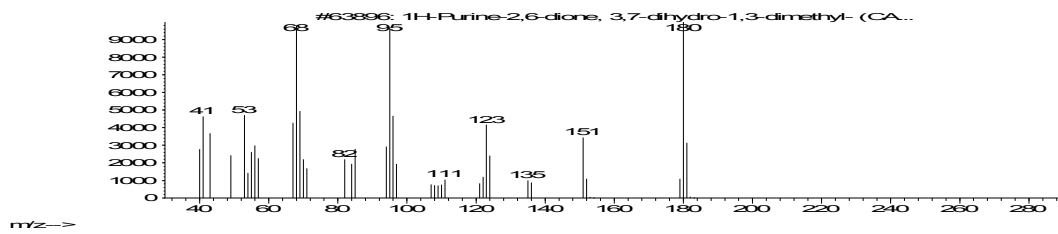
Abundance



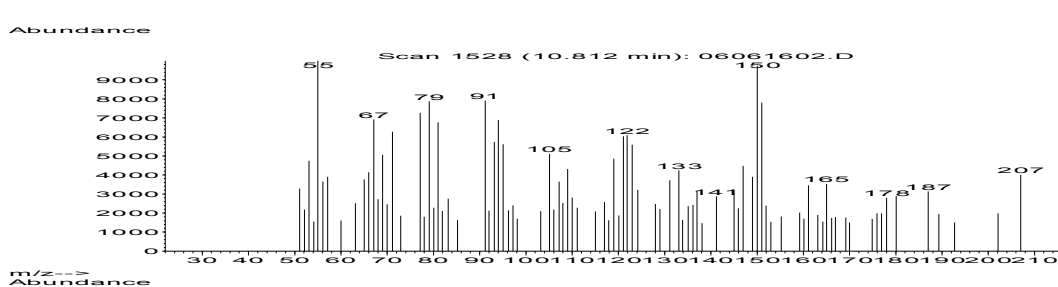
Abundance



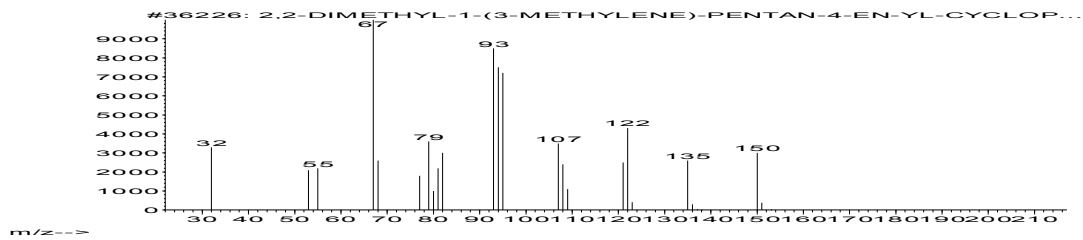
Abundance



Abundance

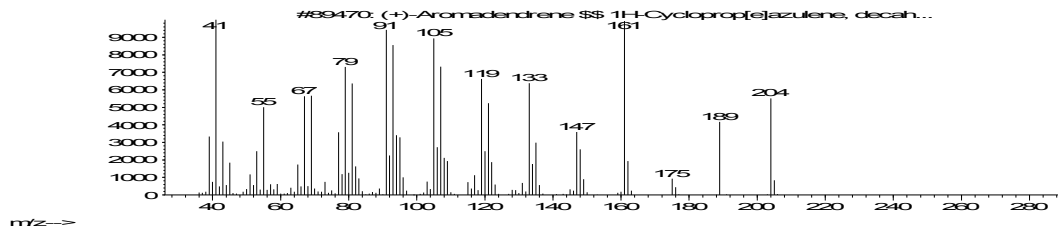
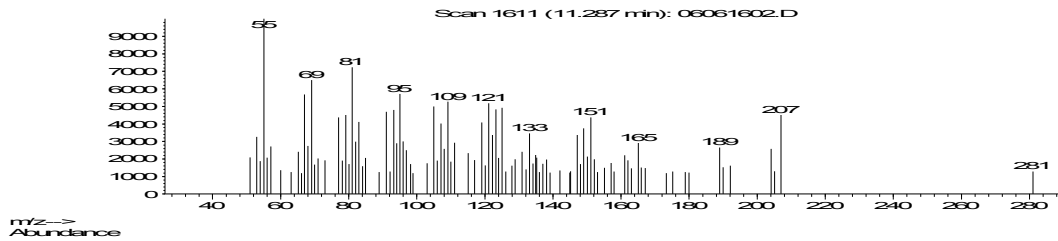


Abundance

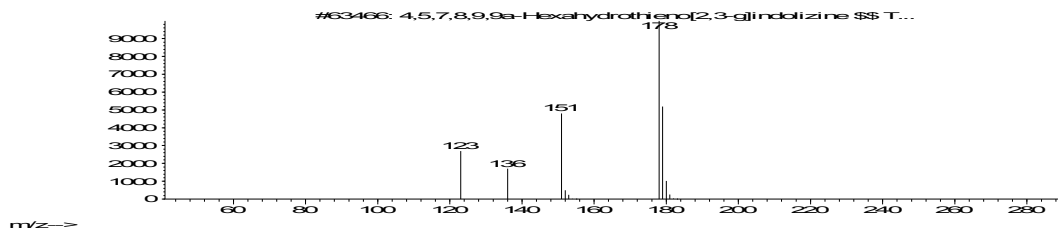
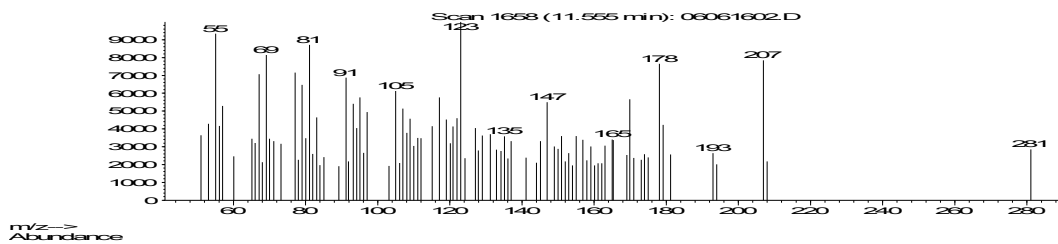




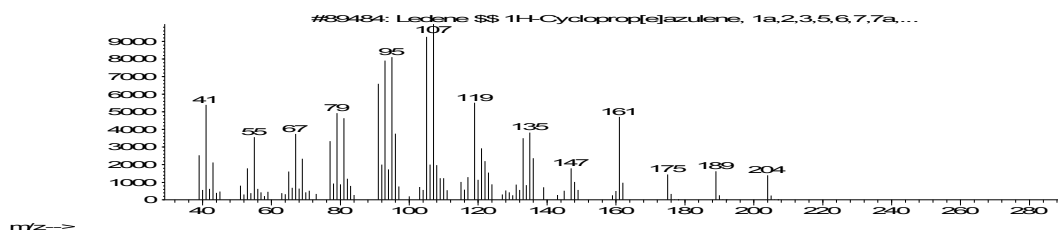
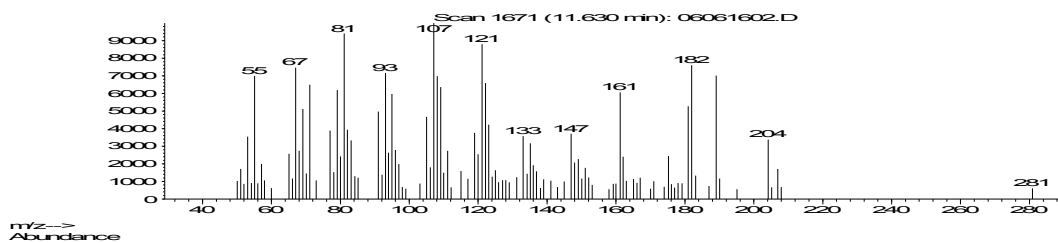
Abundance



Abundance

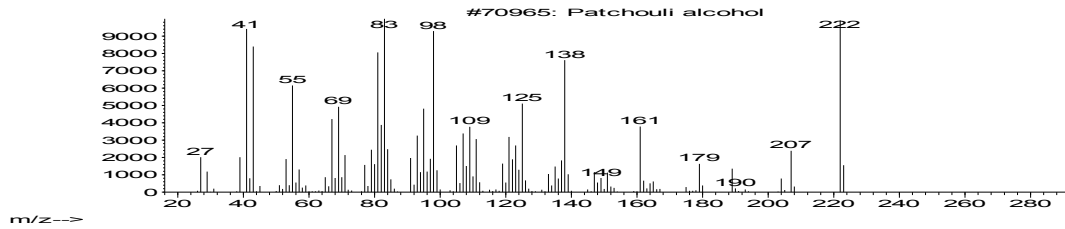
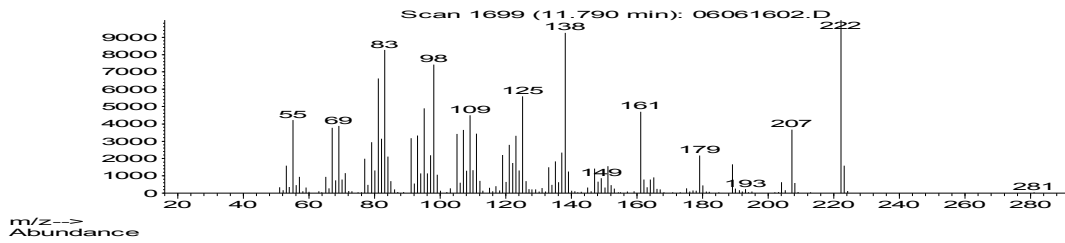


Abundance

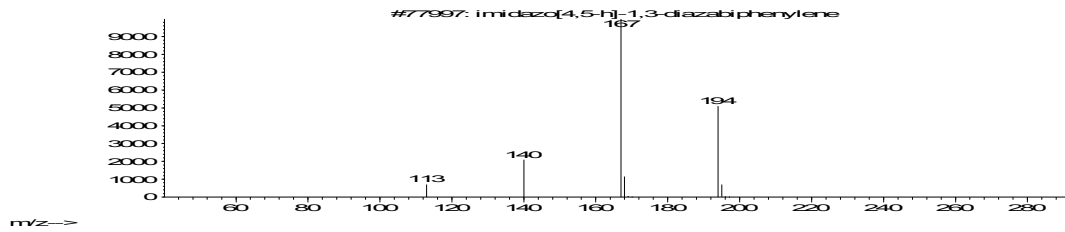
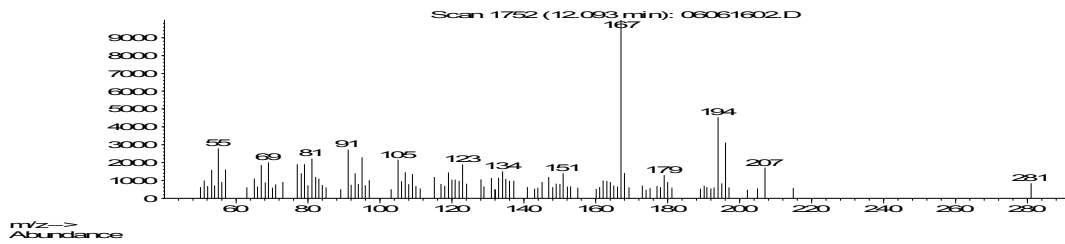




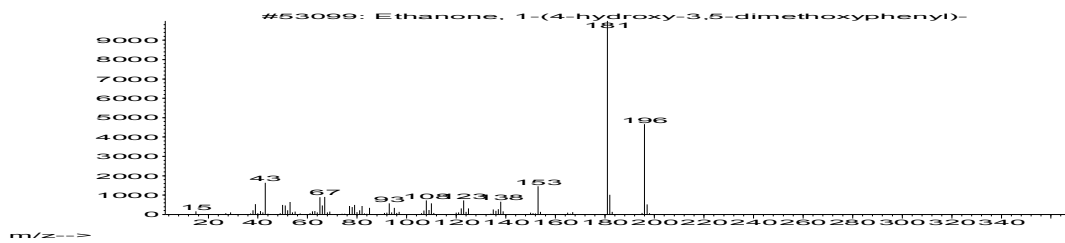
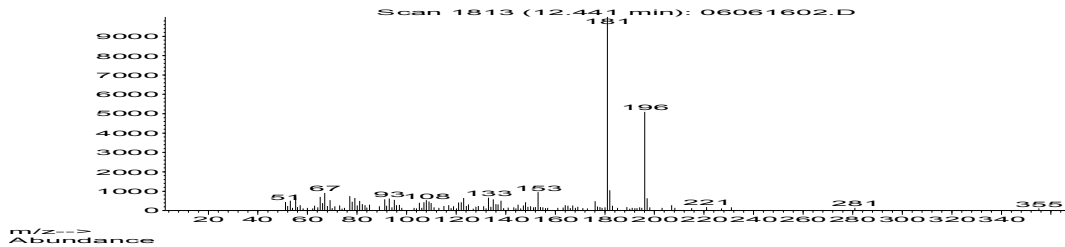
Abundance



Abundance

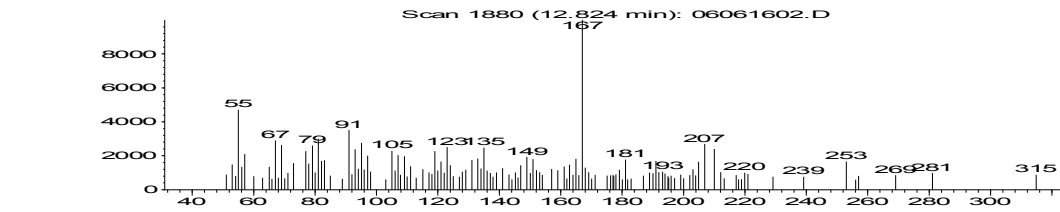


Abundance

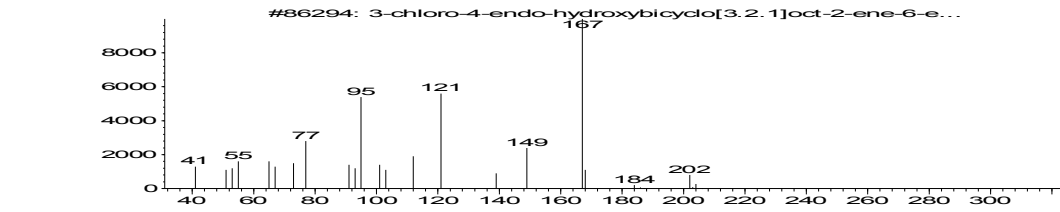




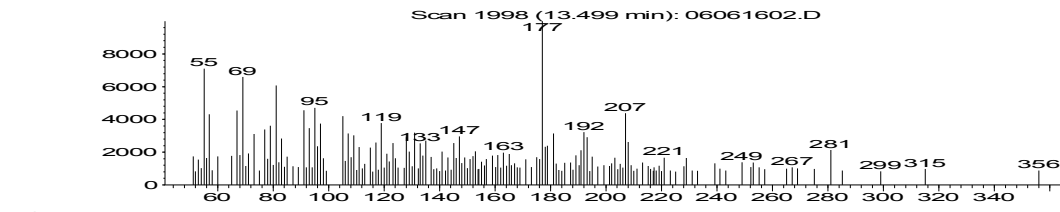
Abundance



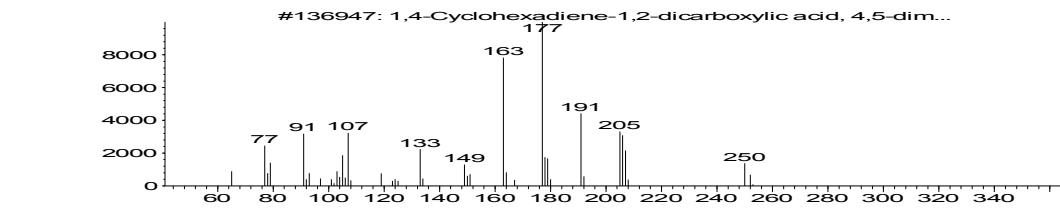
Abundance



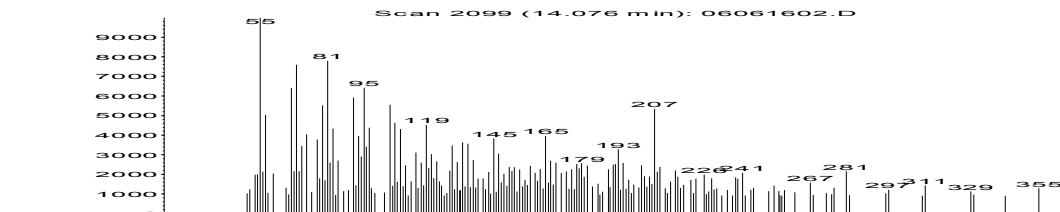
Abundance



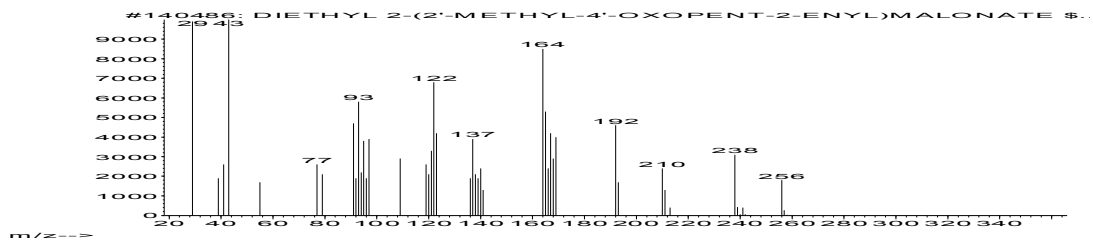
Abundance



Abundance

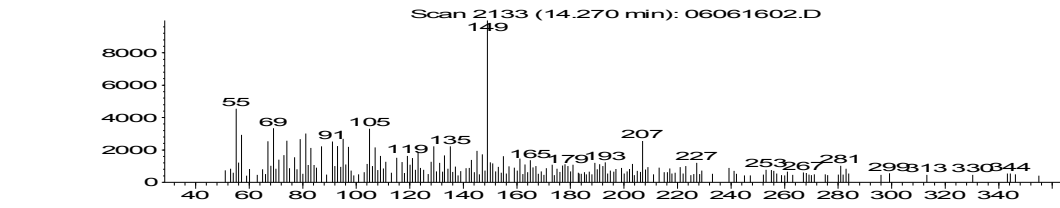


Abundance





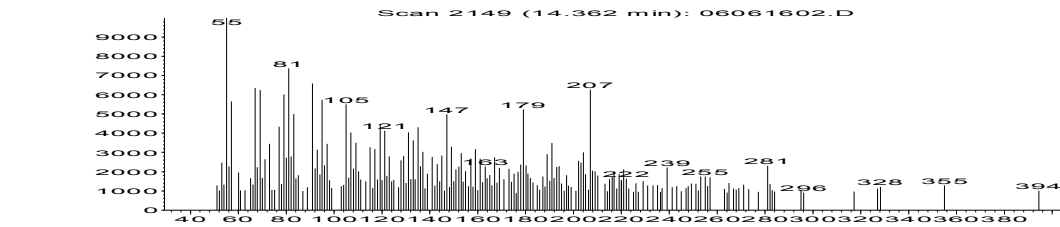
Abundance



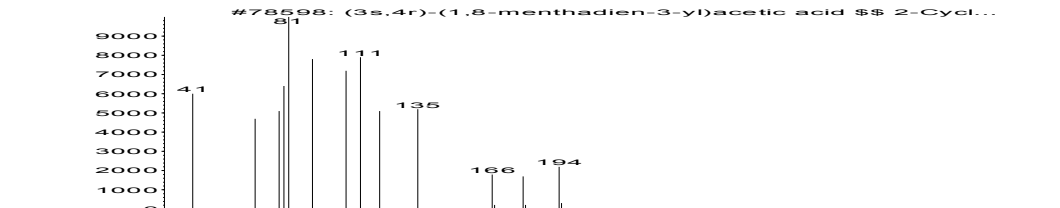
Abundance



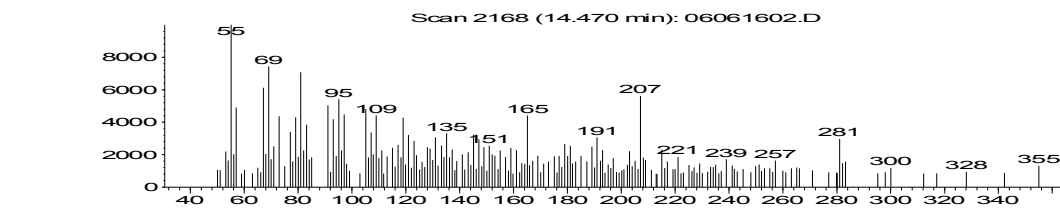
Abundance



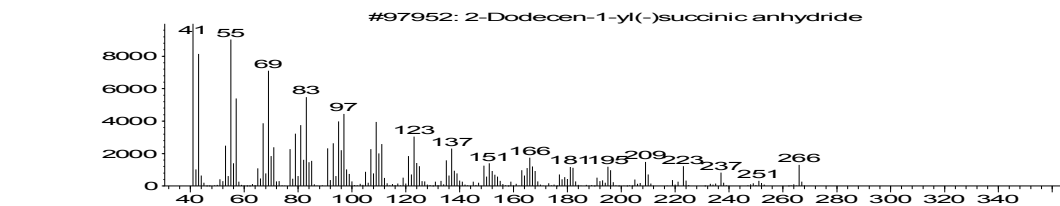
Abundance



Abundance

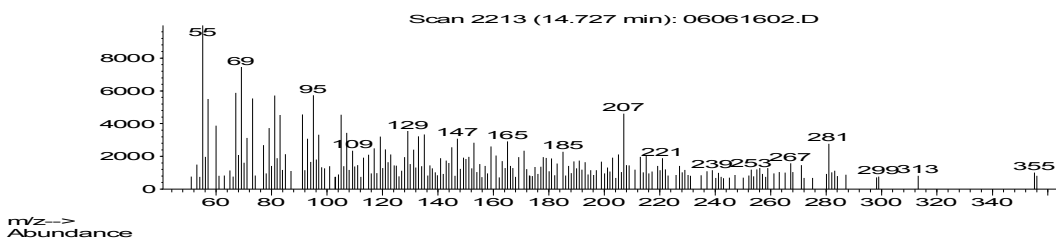


Abundance

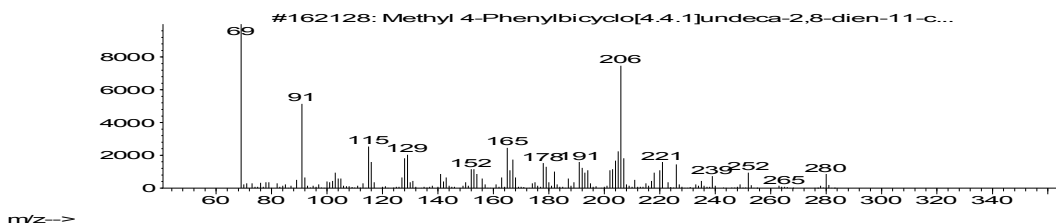




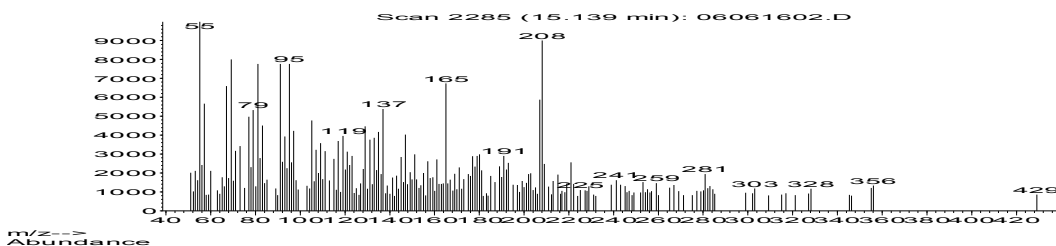
Abundance



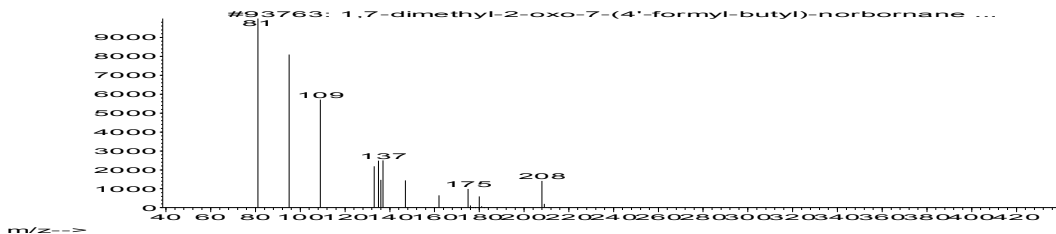
Abundance



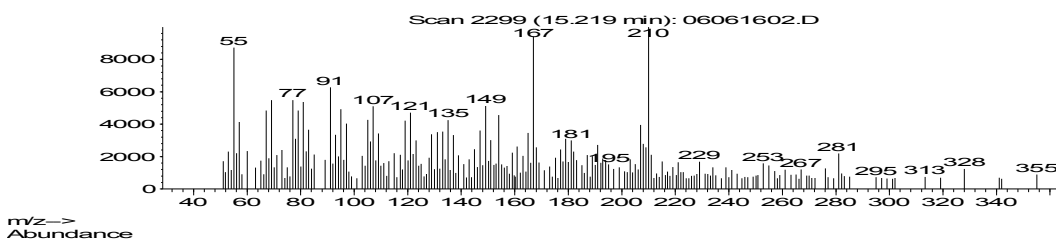
Abundance



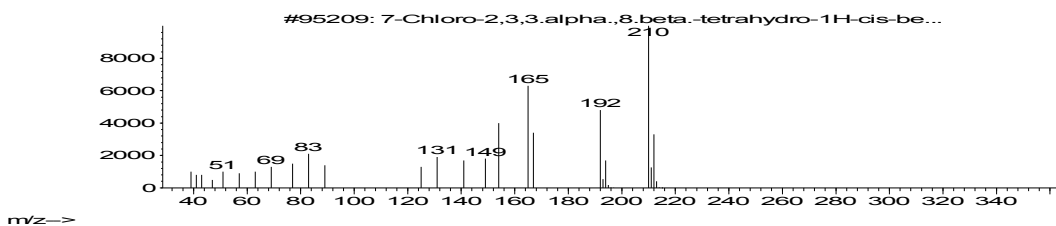
Abundance



Abundance



Abundance



Information from Data File:

File: C:\MSDCHEM\1\DATA\06061602.D
Operator: SRA
Date Acquired: 6 Jun 2016 14:31
Method File: ZAT WARNA16
Sample Name: 23/16/192/MS Kuning Nangka 0.155 g/20ml
Misc Info: Ike Dayi - ITS
Vial Number: 8

Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 85
C:\Database\Wiley275.L Minimum Quality: 85

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.97	2.28	C:\Database\Wiley275.L			
			2,3-DIHYDRO-BENZOFURAN	14904	000000-00-0	81
			4-vinylphenol \$\$ p-vinylphenol	14894	000000-00-0	80
			Benzofuran, 2,3-dihydro- (CAS) ...	14889	000496-16-2	72
2	6.94	1.79	C:\Database\Wiley275.L			
			1,3-Benzenediol (CAS) \$\$ Resorc...	9664	000108-46-3	81
			1,3-Benzenediol (CAS) \$\$ Resorc...	9669	000108-46-3	81
			1,3-Benzenediol (CAS) \$\$ Resorc...	9668	000108-46-3	64
3	7.29	2.63	C:\Database\NIST02.L			
			2-Methoxy-4-vinylphenol	23329	007786-61-0	93
			3,4-Diethylphenol	22628	000875-85-4	72
			Phenyl-1,2-diamine, N,4,5-trime...	23499	017978-55-1	64
4	7.76	1.66	C:\Database\Wiley275.L			
			Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) \$\$...	39446	000091-10-1	95
			Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) \$\$...	39444	000091-10-1	83
			Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) \$\$...	39445	000091-10-1	76
5	8.75	0.72	C:\Database\Wiley275.L			
			trans-Caryophyllene \$\$ Bicyclo[...	89246	000087-44-5	45
			.BETA.-CARYOPHYLLENE	89657	000087-44-5	45
			(-)-Sinularene	89623	000000-00-0	43
6	8.93	1.60	C:\Database\NIST02.L			
			Azulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahy...	58868	003691-12-1	99
			Azulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahy...	58871	003691-12-1	91
			1H-Cycloprop[e]azulene, decahyd...	58764	072747-25-2	83



- 7 9.11 2.21 C:\Database\Wiley275.L
SEYCHELLENE 89685 020085-93-2 97
(+)-Aromadendrene \$\$ 1H-Cyclopr... 89469 000489-39-4 72
SEYCHELLENE 89668 020085-93-2 68
- 8 9.20 0.77 C:\Database\Wiley275.L
Benzenemethanol, .alpha.-ethyl-... 51050 005349-60-0 49
Benzeneacetic acid, 4-hydroxy-3... 66323 000306-08-1 47
Phenol, 4-amino-2,5-dimethyl- (... 25686 003096-71-7 47
- 9 9.28 1.55 C:\Database\NIST02.L
1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,6,7... 58887 000560-32-7 99
1-Cycloheptene, 1,4-dimethyl-3-... 58773 1000159-38-6 83
1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,6,7... 58885 000560-32-7 66
- 10 9.48 0.88 C:\Database\NIST02.L
Benzo[b]thiophene, 2-ethyl- 30449 001196-81-2 92
4,4-Dimethyladamantan-2-ol 42618 1000210-61-2 89
Ethanone, 1-(2,3,4-trimethylphe... 30562 001467-36-3 76
- 11 9.57 2.42 C:\Database\Wiley275.L
Ethanone, 1-(4-hydroxy-3-methox... 50805 000498-02-2 76
Ethanone, 1-(4-hydroxy-3-methox... 50799 000498-02-2 76
Ethanone, 1-(4-hydroxy-3-methox... 50806 000498-02-2 76
- 12 9.72 0.65 C:\Database\Wiley275.L
AROMADENDRENE 89682 000489-39-4 45
ALLO-AROMADENDRENE 89696 025246-27-9 44
ALLOAROMADENDRENE 89772 000000-00-0 44
- 13 9.81 2.05 C:\Database\NIST02.L
Azulene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octah... 58876 003691-11-0 99
Azulene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octah... 58874 003691-11-0 99
Azulene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octah... 58878 003691-11-0 96
- 14 10.48 2.61 C:\Database\Wiley275.L
2,6-Dimethyl-3-(methoxymethyl)-... 64343 040113-58-4 78
2,3,5,6-Tetrafluoroanisole \$\$ B... 63865 002324-98-3 72
9H-Fluorene, 4-methyl- (CAS) \$\$... 65305 001556-99-6 59
- 15 10.58 1.01 C:\Database\Wiley275.L
1H-Purine-2,6-dione, 3,7-dihydr... 63896 000058-55-9 55
(1R*,5.ALPHA.,6.BETA.)-5-HYDROX... 64700 030841-58-8 49
trans-2,3,3a,4,6,7-hexahydro-3-... 64777 123994-99-0 45

- 16 10.81 1.14 C:\Database\Wiley275.L
 2,2-DIMETHYL-1-(3-METHYLENE)-PE... 36226 000000-00-0 44
 Benzenamine, 3-methoxy- (CAS) \$... 16210 000536-90-3 43
 (E)-Methyl 2-cyano-4-methyl-3-p... 38788 060135-01-5 40
- 17 11.18 0.75 C:\Database\Wiley275.L
 6-METHYL-TRIAZOLO[4,3-B]-1,2,4-... 23554 061139-69-3 49
 Bicyclo[6.1.0]non-1-ene (CAS) 15993 002570-06-1 42
 Bicyclo[6.1.0]non-1-ene (CAS) 15992 002570-06-1 42
- 18 11.29 1.11 C:\Database\Wiley275.L
 (+)-Aromadendrene \$\$ 1H-Cyclopr... 89470 000489-39-4 48
 (+)-AROMADENDRENE 89770 000000-00-0 48
 Junipene \$\$ 1,4-Methanoazulene,... 89311 000475-20-7 38
- 19 11.56 1.23 C:\Database\Wiley275.L
 4,5,7,8,9,9a-Hexahydrothieno[2,... 63466 090779-10-5 43
 7-Methyl-2,3,4,5,6,7-hexahydrop... 50151 000000-00-0 40
 Bicyclo[5.2.0]non-1-ene (CAS) 15990 065811-17-8 30
- 20 11.63 3.06 C:\Database\Wiley275.L
 Ledene \$\$ 1H-Cycloprop[e]azulen... 89484 021747-46-6 90
 .gamma.-Gurjunene \$\$ Azulene, 1... 89274 022567-17-5 78
 Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-... 89360 000473-13-2 64
- 21 11.79 26.11 C:\Database\NIST02.L
 Patchouli alcohol 70965 005986-55-0 99
 Patchouli alcohol 70963 005986-55-0 99
 Patchouli alcohol 70959 005986-55-0 98
- 22 12.09 2.20 C:\Database\Wiley275.L
 imidazo[4,5-h]-1,3-diazabipheny... 77997 096228-76-1 52
 6-CHLORO-2-PROPYLBENZIMIDAZOLE ... 77928 004887-91-6 50
 3-crotyl-5-methyl-4-thiouracil ... 80004 105174-02-5 38
- 23 12.44 7.36 C:\Database\NIST02.L
 Ethanone, 1-(4-hydroxy-3,5-dime... 53099 002478-38-8 93
 Ethanone, 1-(4-hydroxy-3,5-dime... 53098 002478-38-8 90
 Ethanone, 1-(4-hydroxy-3,5-dime... 53096 002478-38-8 87
- 24 12.71 0.89 C:\Database\Wiley275.L
 (2R*,8AS*)-6-OXOEDULAN \$\$ 2H-1-... 91317 069925-36-6 46
 3,7-Dimethyl-1H-pyrimido[1,2-a]... 74974 000000-00-0 38
 1,1,3,3-TETRAMETHYL-1,3-DISILAI... 90982 054113-93-8 38

- 25 12.82 1.21 C:\Database\Wiley275.L
 3-chloro-4-endo-hydroxybicyclo[... 86294 102861-25-6 38
 4-Oxo-.beta.-cyclo-homogeraniol... 66835 075203-87-1 38
 2(3H)-Benzothiazolethione (CAS)... 51924 000149-30-4 38
- 26 12.95 0.58 C:\Database\Wiley275.L
 Junipene \$\$ 1,4-Methanoazulene,... 89315 000475-20-7 64
 trans-Caryophyllene \$\$ Bicyclo[... 89242 000087-44-5 53
 ALLO-AROMADENDRENE 89696 025246-27-9 47
- 27 13.10 0.76 C:\Database\Wiley275.L
 Anthracene (CAS) \$\$ Anthracin \$... 63060 000120-12-7 50
 valerenol 106002 084249-42-3 40
 (3.alpha.,4E,5.beta.)-4-pentyli... 78816 075731-78-1 25
- 28 13.50 4.56 C:\Database\Wiley275.L
 1,4-Cyclohexadiene-1,2-dicarbox... 136947 000000-00-0 41
 Deacetylphytuberin 137242 000000-00-0 41
 .beta.-ionone 76612 000079-77-6 38
- 29 14.08 7.00 C:\Database\Wiley275.L
 DIETHYL 2-(2'-METHYL-4'-OXOPENT... 140486 063082-46-2 62
 1,4,6-TRIMETHYL-6.ALPHA.,7.ALPH... 74633 063896-19-5 56
 5-PHENYLSELENO-7-OXABICYCLO-DEC... 185348 071404-71-2 55
- 30 14.27 3.26 C:\Database\Wiley275.L
 Deacetylphytuberin 137242 000000-00-0 47
 trans-Hexahydro-3a,7a-dimethyl-... 151826 071277-45-7 43
 Tricyclo[4.3.1.1(3,8)]undecane-... 93699 031083-60-0 38
- 31 14.36 2.35 C:\Database\Wiley275.L
 (3s,4r)-(1,8-menthadien-3-yl)ac... 78598 107602-59-5 51
 7-Amino-1,4-dimethylpyrimido[4,... 92119 070311-96-5 38
 4,12-BIS(HYDROXYMETHYL)-[2.2]ME... 151852 056752-67-1 27
- 32 14.47 0.91 C:\Database\NIST02.L
 2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhyd... 97952 019780-11-1 90
 Longifolenaldehyde 69487 019890-84-7 58
 Cyclohexane, 1,1-dimethyl-2,4-b... 50591 062337-98-8 50
- 33 14.73 4.91 C:\Database\Wiley275.L
 Methyl 4-Phenylbicyclo[4.4.1]un... 162128 000000-00-0 55
 sesquisabinene hydrate 108439 000000-00-0 50
 3,7,11-Trimethyldodeca-1,6(E),1... 91919 066633-32-7 46

34 14.92 0.93 C:\Database\Wiley275.L
Pyridine, 1,2,3,6-tetrahydro-1-... 92375 000000-00-0 50
7-(trans-2',6'-Dihydroxy-1'-cyc... 162388 088095-28-7 38
CAPNELLANE-5.ALPHA.-OL \$\$ 1H-Cy... 108239 061234-85-3 25

35 15.14 1.84 C:\Database\Wiley275.L
1,7-dimethyl-2-oxo-7-(4'-formyl... 93763 119018-46-1 70
B-ASARONE 93381 005273-86-9 50
Pyrene, 1,2,3,6,7,8-hexahydro- ... 94275 001732-13-4 38

36 15.22 3.00 C:\Database\Wiley275.L
7-Chloro-2,3,3.alpha.,8.beta.-t... 95209 078630-61-2 25
Benzo[b]benzo[3,4]cyclobuta[1,2... 96017 042896-18-4 25
METHYL 2-N-PENTYL-1-CYCLOHEPTEN... 95832 071721-10-3 20

Mon Jun 06 15:15:09 2016

Mengetahui,

Surabaya, 06 Juni 2016
Penanggung jawab Pengujian,

Dr. Mohammad Holil
Factory Lab. Manager

Reo Dewa Kembara, S.Si
Factory Lab. Spv.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE dengan pelarut aquades memberikan hasil ekstraksi terbaik pada rasio 0.05 g/mL.
2. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE dengan pelarut aquades memberikan hasil ekstraksi terbaik berturut – turut pada waktu ekstraksi selama 50 menit dan 40 menit.
3. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE dengan pelarut aquades memberikan hasil ekstraksi terbaik berturut – turut pada temperatur ekstraksi 50 °C dan 60 °C.
4. Ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE dapat dilakukan dengan pelarut etanol 60%. Penggunaan pelarut etanol 60% dapat meningkatkan hasil ekstraksi sebesar 14.7369% pada ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan 10.1069% pada ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka.
5. Variasi frekuensi gelombang ultrasonik yaitu 20 kHz dan 40 kHz mempengaruhi hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka. UAE pada frekuensi 40 kHz memberikan peningkatan hasil ekstraksi sebesar 2.0114% untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan 7.4171% untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu nangka.
6. Metode AURE dapat digunakan untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka. Pada aliran udara sebesar 0.6 L/min diperoleh hasil ekstraksi tertinggi dan kemudian hasil ekstraksi mengalami penurunan seiring peningkatan kecepatan aliran udara.

7. Kinetika ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka dengan metode UAE mengikuti model kinetika Peleg. Penambahan aliran udara dapat meningkatkan laju ekstraksi zat warna alami menggunakan metode UAE.
8. Pemodelan statistika RSM menggunakan model central composite design menunjukkan bahwa data hasil ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka menggunakan metode UAE mendekati perhitungan hasil ekstraksi model. Nilai R^2 untuk ekstraksi mahoni dan nangka berturut – turut sebesar 0.9392 dan 0.9355.

5.2 Saran Penelitian

Pengembangan metode UAE untuk ekstraksi zat warna alami dari kayu mahoni dan kayu nangka memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan. Modifikasi metode UAE dan *scale up* penelitian dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya untuk mempelajari potensi pengembangan metode UAE. Modifikasi UAE dengan penambahan aliran udara terbukti memberikan efek peningkatan laju ekstraksi maka dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan gas N_2 . Komposisi gas yang lebih murni diharapkan dapat lebih mengoptimalkan hasil ekstraksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, C., Zeng, X., Li, L., Obendorf, S.K., 2014. Thermal Degradation of Natural Dye and their Analysis using HPLC – DAD – MS. *Fashion and Textiles*, Vol.1, hal 1 – 13.
- Badan Pusat Statistik, 2013. *Sensus Pertanian 2013*. <http://st2013.bps.go.id> diakses pada 20 Agustus 2015.
- Bechtold, T., Rita, M., 2009. *Handbook of Natural Colorants*. John wiley and sons Ltd. United Kingdom.
- Bendicho, C., Lavilla, I., 2000. *Ultrasound Extractions*. <https://www.thevespiary.org/talk> diakses 10 Februari 2015.
- Chatwal, G.R., 2009. *Synthetic Dyes*. Himalaya Publishing House. Mumbai.
- Crini, G., 2006. Non Conventional Low Cost Adsorbents for Dye Removal – A review. *Bioresource Technology*, Vol 97, hal 1061 – 1085.
- Fu, Y., Viraraghavan, T., 2001. Fungal Decolourization of Dye Wastewaters – A review. *Bioresource Technology*, Vol. 79, hal 251 – 262.
- Haque, M. A., Khan, G.M. A., Razzaque, S. M. A., Khatun, K., Chakraborty, A. K., Alam, M. S., 2013. Extraction of Rubiadin Dye from *Swietenia mahagoni* and Its Dyeing Characteristics onto Silk Fabric using Metallic Mordants. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, Vol. 38, hal. 280 – 284.

- Hu, A., Zhao. S., Liang. H., Qiu, T., Chen, G., 2007. Ultrasound assisted Supercritical Fluid Extraction of Oil and Coixenolid from Adlay Seed. *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol 14, hal. 219 – 224.
- Huang, W., Xue, A., Niu, H.,Jia, Z.,Wang, J., 2009. Optimised ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Folium eucommiae* and evaluation of antioxidant activity in multi-test systems in vitro. *Food Chemistry*, Vol. 114, hal. 1147–1154.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. 2013. Kemenperin Kembangkan Pemakaian Pewarna Alami. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/7853/Kemenperin-Kembangkan-Pemakaian-Pewarna-Alami> diakses 5 September 2015.
- Khuri, A.I., Siuli M., 2010. Response Surface Methodology. *WIREs Comp Stat* hal. 128 – 149.
- Kumbasar, E. A., 2011. *Natural Dyes*. InTech. Croatia.
- Makris, D.P., 2016. Kinetics of Ultrasound-Assisted Flavonoid Extraction from Agri-Food Solid Wastes Using Water/Glycerol Mixtures. *Resources*, Vol. 5, hal. 1 – 10.
- Maran, J.P., Priya, B., Nivetha, C.V., 2015. Optimization of ultrasound-assisted extraction of natural pigments from *Bougainvillea glabra* flowers. *Industrial Crops and Products*, Vol. 63, hal.182–189.
- Mason, T. J., Dietmar, P., 2004. *Practical Sonochemistry : Power Ultrasound Uses and Application 2nd edition*. Horwood Publishing. USA.
- Material safety data sheet¹. 2001. *Ethyl Alcohol*. www.nafaa.org/ethanol diakses 31 Juli 2015.

Material safety data sheet². 2005. Water MSDS. www.sciencelab.com/msds diakses 31 Juli 2015.

Owen, T. 1996. *Fundamentals of UV-visible spectroscopy*. Hewlett – Packard Company. Jerman.

Parasetia, D. E., 2012. *Pengambilan Zat Warna Alami dari Kayu Nangka*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 1, hal 502 – 507.

Prayitno, E. K., Nurimaniwati, 2003. *Proses Ekstraksi Bahan Pewarna Alam dari Limbah Kayu Mahoni*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Imiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, hal. 208 – 213.

Rahmawati, I., 2011. Industri Bahan Pewarna dan Pencelup. <http://irizlovely.blogspot.co.id/2011/08/industri-bahan-pewarna-dan-pencelup> diakses 5 September 2015.

Republika Online. 2015. Perajin Batik Didorong Pakai Pewarna Alami. <http://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/15/05/15/nodyna-perajin-batik-didorong-pakai-pewarna-alami> diakses 5 September 2015.

Roldán – Gutiérrez, J.M. Ruiz – Jiménez, J., Luque de Castro, M.D., 2008. Ultrasound-assisted dynamic extraction of valuable compounds from aromatic plants and flowers as compared with steam distillation and superheated liquid extraction. *Talanta*, Vol. 75, hal 1369 – 1375.

Rostagno, M.A., Prado, J.M., 2013. *Natural Product Extraction : Principles and Application*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge.

Rouhani, S., Alizadeh, N., Salimi, S., Haji – Ghasemi, T., 2009. Ultrasound Assisted Extraction of Natural Pigments from Rhizomes of *Curcuma*

longa L. Progress in Color, Colorants, and Coatings, Vol. 2, hal. 103 – 113.

Sivakumar, V., Vijaeeswarri, J., Lakshmi Anna, J., 2011. Effective Natural Dye Extraction from Different Plant Materials Using Ultrasound. *Industrial Crops and Products*, Vol. 33, hal 116 – 122.

Shirsath, S. R., Sonawane, S. H., Gogate, P. R., 2012. Intensification of Extraction of Natural Products Using Ultrasonic Irradiations – A review of Current Status. *Chemical Engineering and Processing : Process Intensification*, Vol. 53, hal. 10 – 23.

Tang, et. al., 2005. Simmondsin Processing Methods and Products. *United States Patent*, Patent No. 6,858,233 B2.

Taqim, M., 2010. Zat Warna adalah Senyawa Organik Berwarna yang Digunakan untuk Memberi Warna Suatu Objek atau Suatu Kain. <https://www.scribd.com/doc/45938778/> diakses tanggal 20 Agustus 2015.

Tiwari, B.K., 2015. Ultrasound: a clean, green extraction technology. *Trends in Analytical Chemistry*.

Veggi, P.C., Diego, T.S., Anne – Sylvie F.T., Carine, L.B., Angela, A.M., Farid, C., 2013. Ultrasound – assisted Extraction of Polyphenols from Jatoba (*Hymenaea courbaril* L.var *stilbocarpa*) Bark. *Food and Public Health*, Vol. 3, hal. 119 – 129.

Vetal, M.D., Vikesh, G.L., Virendra, K.R., 2013. Extraction of ursolic acid from *Ocimum sanctum* by ultrasound: Process intensification and kinetic studies. *Chemical Engineering and Processing*, Vol. 69, hal. 24 – 30.

D'Alessandro, L.G., Krasimir D., Peggy V., Iordan N., 2016. Kinetics of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* (black chokeberry) wastes. *Chemical Engineering Research and Design*, Vol. 30, hal. 1 – 9.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Ike Dayi Febriana, S.Si lahir di Malang, 16 Februari 1990. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN Kebonsari 2 Malang dan lulus pada tahun 2002. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 3 Malang dan jenjang pendidikan menengah atas di SMA Negeri 5 Malang. Pada tahun 2008, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.

Selama menjadi mahasiswa S1, penulis juga aktif sbagai tenaga pengajar di bimbingan belajar ALBERT di Malang. Selain itu, penulis juga aktif berorganisasi dalam Himpunan Mahasiswa Kimia Universitas Brawijaya dan aktif menjadi pengurus pada periode 2009 hingga 2010. Setelah menyelesaikan studi strata satu (S1), penulis pernah aktif bekerja sebagai *technical support* di salah satu perusahaan swasta yang bergerak pada bidang *surface metal finishing*.

Karya tulis ilmiah yang pernah diikuti oleh penulis antara lain pada program PKM-GT mahasiswa baru Universitas Brawijaya dengan topik penelitian pembuatan *bioethanol* dari bahan baku rumput gajah. Selain itu, penulis pernah menjadi anggota tim penelitian untuk kegiatan PKM-P dengan topik penelitian pengujian kandungan formalin dalam bahan makanan. Selama aktif sebagai mahasiswa program magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, penulis mengikuti seminar internasional “*International Conference on Science and Technology*” yang diselenggarakan oleh Universitas Gadjah Mada pada tahun 2015.

Korespondensi dengan penulis dapat dilakukan melalui surat elektronik dengan alamat ike.dayi@gmail.com.